

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника
Профиль Электроснабжение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Проектирование системы электроснабжения металлургического комбината УДК 621.31031.001.6:669.013	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д3	Богиев Фаез Фахриддинович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Обухов Сергей Геннадьевич	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко Аркадий Альбертович	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ледовская Анна Михайловна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ОПП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова Вера Васильевна	К.Т.Н., доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» Профиль

Электроснабжение промышленных предприятий

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ОК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR- ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Уметь формулировать задачи в области <i>релейной защиты и автоматики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR- ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Уметь проектировать <i>противоаварийную автоматику, релейную защиту</i> .	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-8, ПК-9–14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR- ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния релейной защиты и противоаварийной автоматики, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-6, ПК-38– 44, ПК-51), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR- ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-16, ПК-20–21, ПК-37), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR- ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Иметь практические знания принципов и технологий релейной защиты и противоаварийной автоматики отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-18, ПК- 23–28, ПК-30, ПК-37, ПК-45, ПК-46–51), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR- ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-10, ОК-14, ПК-14, ПК-20, ПК-28, ПК- 29, ПК-31), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR- ACE</i> и <i>FEANI</i>

P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики.	Требования ФГОС (ОК-2, ОК-11, ОК-12, ОК-15, ПК-1, ПК-10, ПК- 19, ПК-26), CDIO Syllabus (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR- ACE и FEANI
----	--	---

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики.	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-7, ПК-32, ПК-34), CDIO Syllabus (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR- ACE и FEANI
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-7, ОК-9, ПК-4, ПК-35), CDIO Syllabus (2,5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-5, ПК-21, ПК-22, ПК-36), CDIO Syllabus (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики.	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6, ОК- 10, ОК-13, ОК-16, ПК-31, ПК-33), CDIO Syllabus (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроснабжение

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП 13.03.02

(подпись) (дата) Шестакова В.В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А3ДЗ	Богиеву Фаёзу Фахриддиновичу

Тема работы:

Проектирование системы электроснабжения металлургического комбината	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	ИШЭ от 24.04.2018г. №2900/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатрат; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Получены по материалам преддипломной практики:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Генплан предприятия 2. План цеха 3. Электрические нагрузки завода 4. Типы и мощности электроприемников в цехе
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общие сведения о предприятии 2. Расчет электрических нагрузок 3. Определение расчетных нагрузок предприятия в целом 4. Картограмма нагрузок и центра электрических нагрузок 5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов 6. Схема внешнего электроснабжения 7. Схема внутриводской распределительной сети 10кВ 8. Расчет токов кз выше 1000В и выбор

	коммутационных аппаратов 9. Выбор коммутационных аппаратов 10. Электроснабжение РМЦ 11. Построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП наиболее удалённого от цеховой ТП электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок 12. Расчет токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до самого мощного электроприемника цеха (фрезерного станка)
Перечень графического материала	1. Генплан предприятия распределения электроэнергии 2. Картограмма нагрузок 3. Схема электрическая принципиальная ГПП 4. Схема силовой сети ремонтно-механического цеха 5. Электроснабжение ремонтно-механического цеха. Однолинейная схема 6. Эпюра отклонения напряжения
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Доцент ОСГН, к.э.н., Фигурко А.А.
«Социальная ответственность»	Ассистент ОКД ИШНКБ, Ледовская А.М.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	18.03.2018г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Обухов С.Г.	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д3	Богиев Ф.Ф.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль Электроснабжение
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)
Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:		01.06.2018
Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.02.18	Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.	10
22.02.18	Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок, зоны рассеяния условного центра эл. нагрузок.	15
07.03.18	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.	15
21.03.18	Выбор и проверка внутризаводских линий. Расчет потерь в КТП и внутризаводских линиях. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.	10
28.03.18	Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ.	5
04.04.18	Выбор и проверка высоковольтного оборудования	10
11.04.18	Выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В. Выбор аппаратов защиты и построение карты селективности действия защитных аппаратов. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП.	10
15.05.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	15
18.05.18	Социальная ответственность.	10
Итого		100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Обухов С.Г.	Д.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова В.В.	К.Т.Н., доцент		

РЕФЕРАТ

Дипломный проект состоит из 9 рис., 22 табл., 19 источников и 101 с.

Основные слова: картограмма нагрузок, эл.снабжение цеха, выбор оборудования, расчетная нагрузка, однолинейная схема, социальная ответственность, менеджмент.

Исследуемым объектом в дипломном проекте является ремонтный механический цех металлургического комбината. Целью работы является проектирование СЭС предприятия и экономическое расчет принятых решений.

При разработке проекта был выбран метод расчета, согласно исходным данным и расчет электрических нагрузок комбината с выбранным цехом, выбор и проверка с различными режимами работами, выбор и проверка проводов и кабелей внутризаводских и внутрицеховых оборудований, картограмма нагрузок и ЦЭН, выбор и проверка трансформаторов, выбор напряжения, расчет токов КЗ и падения напряжения оборудования и карта селективности автоматических выключателей.

По окончанию расчета было спроектирована определенная модель системы эл.снабжения предприятия, с расчетной частью бюджета затрат на строительство, а также ОТ, ТБ и ООС.

Основой технологической, конструктивной и технико-эксплуатационной характеристикой являются проектируемый металлургический комбинат состоящий из 15 цехов, питающая линия ГПП 110кВ переменного напряжение, внутризаводское рабочее напряжение – 10 и 0,4 кВ, схема электроснабжения – радиальная.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Реферат	
Введение	
1. Объект и методы исследования	
1.2 Характеристика среды производственных помещений центрального ремонтно-механического завода. Категории электроприемников по бесперебойности электроснабжения	
2. Расчет электрических нагрузок цеха	
2.1 Определение расчетной нагрузки ремонтно-механического цеха	
2.2 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом	
2.3 Картограмма нагрузок и центр электрических нагрузок (ЦЭН)	
2.4 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций	
2.5 Схема внешнего электроснабжения предприятия	
2.6 Схема внутризаводской распределительной сети 10кВ	
2.7 Расчет токов короткого замыкания для сети выше 1000В и выбор коммутационных аппаратов	
2.8 Выбор коммутационных аппаратов	
2.9 Электроснабжение ремонтно-механического цеха	
2.10 Построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП наиболее удаленного от цеховой ТП электроприемника для режимов максимальной и минимальной нагрузок	
2.11 Расчет токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до самого мощного электроприемника цеха (фрезерного станка)	
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
3.1 ТЭР электрического хозяйства обоготительной фабрики	
3.2 Смета затрат на проектирование	

3.3 Заработная плата исполнителей проекта	
3.4 Смета затрат на электрооборудование	
4. Социальная ответственность.....	
Введение	
4.1 Производственная безопасность.....	
4.2 Анализ факторов.....	
4.3 Анализ опасных факторов.	
4.3.1 Электробезопасность.	
4.4 Экологическая безопасность.....	
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	
4.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	
Заключение.....	
Список использованных источников	

РЕФЕРАТ

Дипломный проект состоит из 9 рис., 22 табл., 19 источников и 101 с.

Основные слова: картограмма нагрузок, эл.снабжение цеха, выбор оборудования, расчетная нагрузка, однолинейная схема, социальная ответственность, менеджмент.

Исследуемым объектом в дипломном проекте является ремонтный механический цех металлургического комбината. Целью работы является проектирование СЭС предприятия и экономическое расчет принятых решений.

При разработке проекта был выбран метод расчета, согласно исходным данным и расчет электрических нагрузок комбината с выбранным цехом, выбор и проверка с различными режимами работами, выбор и проверка проводов и кабелей внутризаводских и внутрицеховых оборудований, картограмма нагрузок и ЦЭН, выбор и проверка трансформаторов, выбор напряжения, расчет токов КЗ и падения напряжения оборудования и карта селективности автоматических выключателей.

По окончанию расчета было спроектирована определенная модель системы эл.снабжения предприятия, с расчетной частью бюджета затрат на строительство, а также ОТ, ТБ и ООС.

Основой технологической, конструктивной и технико-эксплуатационной характеристикой являются проектируемый металлургический комбинатсостоящий из 15 цехов, питающая линия ГПП 110кВ переменного напряжение, внутризаводское рабочее напряжение – 10 и 0,4 кВ, схема электроснабжения – радиальная.

ВВЕДЕНИЕ

Системой электроснабжения называют комплекс источников электроэнергии и систем ее преобразования, распределения и передачи. В состав эл.снабжения входит: систему передачи электроэнергии, систему распределения электроэнергии, источники электроэнергии, систему преобразования электроэнергии, систему релейной защиты и автоматики, систему эксплуатации, систему гарантированного электроснабжения, систему собственных нужд и систему управления и сигнализации.

По назначению сети эл.снабжения делятся на: промышленные, бытовые, транспортные и сельскохозяйственные потребители. По масштабным признакам: на региональные, районные, магистральные, внутренние и электропроводка. По роду тока переменный однофазный, переменный трехфазный и на постоянный ток. Основные напряжения питания в системах электроснабжения переменного тока являются 0,23; 0,38; 0,66; 3; 6; 10; 35; 110; 220; 330; 500; 750; 1150кВ.

При проектировании системы электроснабжения предприятия необходимо произвести расчет металлургического комбината с детальной проработкой ремонтно-механического цеха. Исходными данными являются выбранные мощности цехов (нагрузки ремонтно-механического цеха установлены подробно, что позволит более точный расчет электрических нагрузок), план цеха и генплан металлургического комбината.

Целью данного проектирования являются:

- полный расчет РМЦ;
- определить расчет эл.нагрузки предприятия по расчетным активной и реактивной нагрузки, с суммарным расчетом нагрузки освещений цехов и территории комбината;
- по результатам расчета построение картограммы электрических нагрузок и определения центра электрических нагрузок, для размещения ГПП на территории комбината;

Произвести расчет внутризаводского электроснабжения, для выбора числа и мощности трансформаторов ГПП и цеховых ТП, а также выбора силовых линий питания и их потери.

Произвести расчет компенсации реактивной мощности.

Выбор схемы внешнего электроснабжения, в который входит выбор номинального напряжения сети комбината. Это необходимо для учета надежности электроснабжения и количества питающей сети, а также проектирование подстанций ГПП.

Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В необходим для точного выбора сечений проводников, и защитных устройств цеховых оборудования.

Проектирование сети до 1000 В где производится распределение потребителей от пунктов питания, выбор токоведущих частей. Расчет токов КЗ в сети до 1000 В для выбора питающих кабелей и защитных аппаратов. Построения эпюры падения напряжения от подстанции до самого мощного электроприемника,

а также построения карты селективности срабатывания защитных аппаратов, при помощи которой можно будет произвести проверку правильности выбора защитного аппарата эл.приемника и его селективность действия.

Разработка однолинейных схем электроснабжения металлургического комбината в целом и ремонтно-механического цеха, с указанием выбора типа оборудования, электроприемников, питающих линий и аппаратов.

1. Объект и методы исследования

Объектом исследования является металлургический комбинат в целом и его ремонтно-механический цех в частности. Исходными данными на проектирование являются генплан комбината (рисунок 1.1), сведения об электрических нагрузках комбината (таблица 1.1), генплан ремонтно-механического цеха и сведения об электрических нагрузках ремонтно-механического цеха (рисунок 1.2, таблица 1.2)

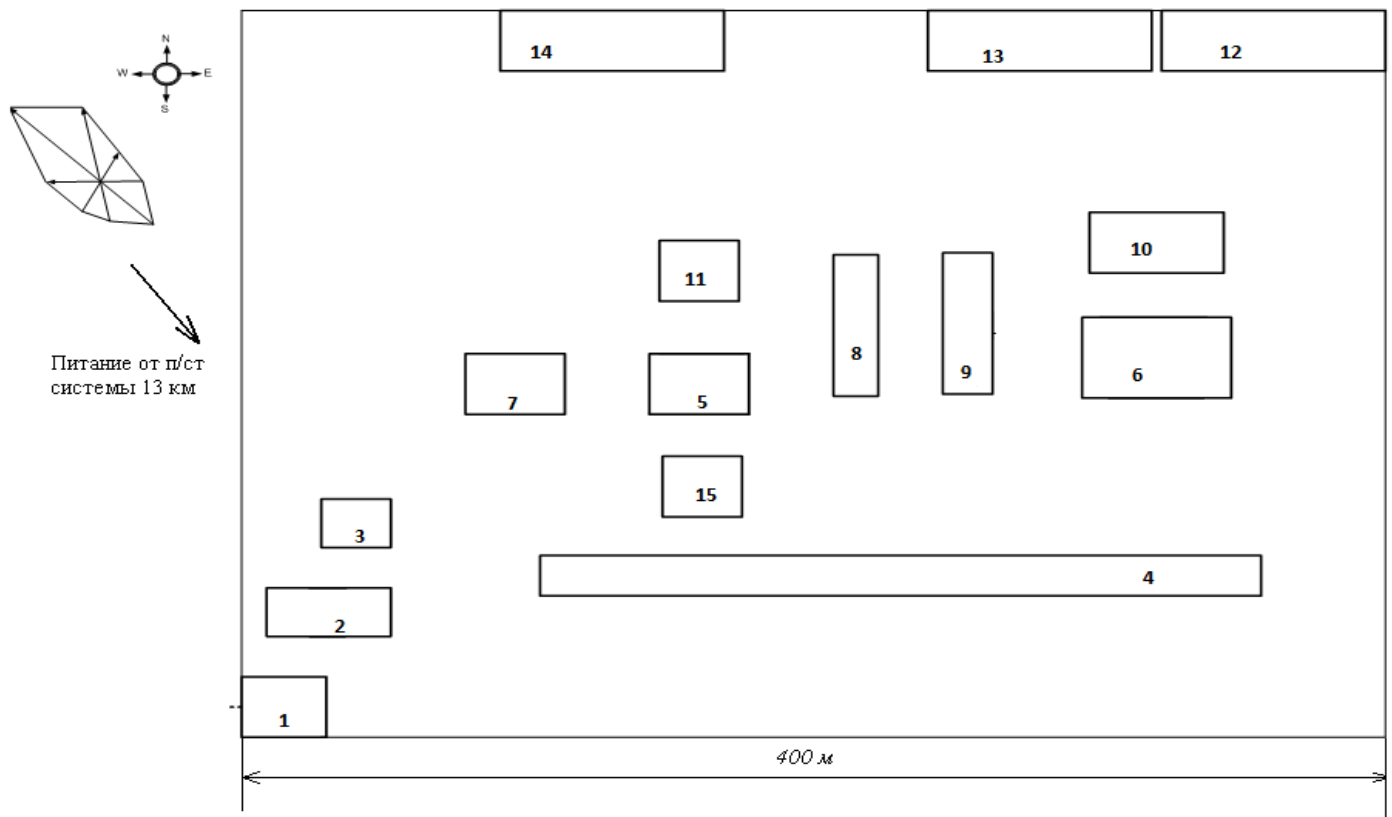


Рисунок 1.1 Генплан металлургического комбината

Таблица 1.1 Сведения об электрических нагрузках комбината

№ п/п	Наименование цеха	Установленная мощность цеха, кВт
1	Вагоноопрокидыватель	390
2	Отделение предварительного дробления	1720
3	Переворачивающая станция №1	650
4	Закрытый склад угля	450
5	Отделение окончательного дробления №2	2600
6	Отделение окончательного дробления №1	1600
7	Ремонтно-механический цех	-
8	Бункеры концентрата	160
9	Бункеры флотоконцентрата	730
10	Смесительное отделение №1	1450
11	Смесительное отделение №2	1520
12	Угольная башня №1	660
13	Угольная башня №2	780
14	Угольная башня №3	1200
15	Переворачивающая станция №2	350

1.2 Характеристика среды производственных помещений центрального ремонтно-механического завода. Категории электроприемников по бесперебойности электроснабжения

В данном проекте рассматривается электроснабжение центрального ремонтно-механического завода. В целом завод состоит из 15 производственных помещений, к которым относятся производственные и вспомогательные цеха, а также заводоуправление, лаборатория.

Характеристики внешней среды (температура, влажность, наличие взрыво- или пожароопасных зон) могут влиять не только на конструктивное исполнение оборудования, но и на выбор марок и сечений проводов, кабелей и защитной аппаратуры. Производственный процесс на проектируемом заводе характеризуется нормальными условиями, но некоторые из отделений цехов завода могут быть отнесены к жарким и влажным помещениям, а также к помещениям с химически активной средой. Характеристика среды основных производственных помещений по комбинату представлена в таблице 1.3.

Перерыв электроснабжения электроприемников основного производства металлургического комбината может привести к массовому недоотпуску продукции и простою людей, поэтому электроприемники основного производства можно отнести ко второй категории. Вспомогательные цеха и подразделения, прямо не участвующие в создании продукции предприятия, можно отнести ко второй категории. Классификация основной доли электроприемников металлургического комбината по бесперебойности электроснабжения приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристика внешней среды производственных помещений металлургического комбината и бесперебойности электроснабжения основных производств

Номер на генплане	Название цеха	Характеристика среды	Категория электроснабжения	Установленная мощность, кВт
1	2	3	4	5
1	Вагоноопрокидыватель	пыльная	III	390
2	Отделение предварительного дробления	пыльная	III	1720
3	Переворачивающая станция №1	пыльная	III	650
4	Закрытый склад угля	нормальная	II	450
5	Отделение окончательного дробления №2	пыльная	III	2600
6	Отделение окончательного дробления №1	пыльная	II	1600
7	Ремонтно-механический цех	пыльная, жаркая	III	-
8	Бункеры концентрата	шумная, пыльная	III	160
9	Бункеры флотоконцентрата	нормальная	III	730
10	Смесительное отделение №1	пыльная, жаркая	III	1450
11	Смесительное отделение №2	пыльная, жаркая	II	1520
12	Угольная башня №1	задымленная	II	660
13	Угольная башня №2	задымленная	II	780
14	Угольная башня №3	задымленная	II	1200
15	Переворачивающая станция №2	пыльная	III	350

Как видно из таблицы 1.3, в рассматриваемом ремонтно-механическом цехе под номером 7 на генплане среда пыльная, жаркая и большинство электроприемников относятся к III категории по надежности электроснабжения.

2. Расчет электрических нагрузок

2.1 Определение расчетной нагрузки ремонтно-механического цеха

Расчет силовых нагрузок цеха производим по методу упорядоченных диаграмм, т.е. с использованием коэффициента максимума и $P_{см}$.

Все электроприемники цеха разбиваются на две группы с одинаковыми режимами работы:

- электроприемники с переменным графиком нагрузки, $k_{и} < 0,6$ – группа А;
- электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки, $k_{и} \geq 0,6$ – группа Б.

По каждой группе определяется суммарная номинальная мощность:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{ном i},$$

в которую входят мощности ЭП, приведенные к ПВ=100%.

Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников:

$$P_{см} = k_{и} \cdot P_{ном}$$

где $k_{и}$ – коэффициент использования.

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \phi$$

Коэффициент использования $k_{и}$ и $\cos \phi$ для каждого ЭП или группы ЭП определяются по справочным данным (табл.П.2.1,1).

Средневзвешенный коэффициент использования определяется:

$$K_{и.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}}$$

где $\sum P_{см}$ – суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену группы электроприемников цеха, $\sum P_{ном}$ – суммарная установленная мощность группы электроприемников цеха.

Коэффициент максимума активной мощности определяется по кривым или по таблице (табл.2.1, 2) в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования $K_{и.ср}$ и эффективного числа электроприемников $n_э$, для данной группы:

$$n_э = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{ном i} \right)}{\sum_{i=1}^n P_{ном i}}$$

При $m \leq 3$ и любом значении $K_{и.ср}$ допускается принимать $n_э = n$, где n – исходное число ЭП; $m = \frac{P_{ном. max}}{P_{ном. min}}$.

Расчетная активная и реактивная мощности группы приемников определяются из выражений:

$$P_{max} = k_{max} \cdot P_{см},$$

$$Q_{max} = Q_{см} \text{ при } n_э > 10,$$

$$Q_{max} = 1,1 \cdot Q_{см} \text{ при } n_э \leq 10.$$

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{р.о} = P_{ном.о} \cdot k_{с.о},$$

$k_{с.о}$ принимается по справочным данным (табл.П.2.2,2).

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц},$$

где $P_{уд.о}$ – удельная плотность осветительной нагрузки по (табл.П.2.3,2), $F_{ц}$ – площадь цеха по генплану (рис.1.2).

Полная расчетная нагрузка цеха с учетом освещения определяется:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + Q_p^2}.$$

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}.$$

Пример:

Станки разные $P_{уст}=579$ кВт; $k_u=0,14$, $\cos\varphi=0,6$ (табл.П.2.1,1);

$$P_{см} = k_u \cdot P_{ном} = 0,14 \cdot 589 = 81,06 \text{ кВт};$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 81,06 \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0,6)) = 108,08 \text{ кВар};$$

$$m = \frac{P_{ном.маx}}{P_{ном.мин}} = \frac{55}{0,95} = 57,9;$$

б) Эффективное число электроприемников:

Группа А: $m > 3$, $k_u < 0,2$, эффективное число ЭП определяется с помощью кривых или таблицы

Тогда $n_{\varepsilon} = 24$

По табл. 2.1. [1] $k_M = 1,57$

$F_{ц}=100 \times 48 = 4800 \text{ м}^2$; $k_{с.о}=0,85$ (табл.П.2.2,2); $P_{уд.о}=0,015 \text{ кВт/м}^2$;

$$P_{ном.о} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 0,015 \cdot 4800 = 72 \text{ кВт};$$

$$P_{p.o} = P_{ном.о} \cdot k_{с.о} = 72 \cdot 0,85 = 61,2 \text{ кВт};$$

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(153,5 + 61,2)^2 + 128,01^2} = 249,96 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{249,96}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 380,2 \text{ А}.$$

Таблица 2.1.1 Определение расчетных нагрузок механического цеха

ЭП	Наименование узлов питания и групп электроприемников	Количество ЭП	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		$m = P_{нmax}/P_{нmin}$	Коэффициент использования $K_{и}$	$\cos\varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число электроприемников ЭП	Коэффициент максимума K_m	Максимальная нагрузка			Im/
			Одного ЭП $P_{н},$ кВт	Общая $P_{н},$ кВт				$P_{см} = K_{и} * P_{н},$ кВт	$Q_{см} = P_{см} * \tan\varphi,$ кВар			$P_m = K_m * P_{см},$ кВт	$Q_m = 1,1 * Q_{см}$ кВар при $\text{пэф} < 10$	$S_m = P_m + Q_m$	
	2		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Группа А:														
	Кран-балка ПВ=25%	2	7	14		0.05	0.5	0.70	1.21						
	Разные станки	35	2-55	579		0.14	0.6	81.06	108.08						
	Листозагибочная машина	1	50	50		0.25	0.65	12.50	14.61						
	Сварочная машина ПВ=25%, Сварочная кабина ПВ=40%	8	0.95-3	11.7		0.30	0.65	3.51	4.10						
	Итого по цеху без освещения	46	0.95-55	654.7	$m > 3$	0.15		97.77	128.01	24	1.57	153.50	128.01		
	Осветительная нагрузка			72		$K_c = 0,85$		61.2				61.2			
	Всего с учетом освещения			726.7				158.97	128.01			214.70	128.01	249.96	380.23

Таблица 2.1.2 Определение расчетных нагрузок по цехам комбината

№ це ха	Наименование потребителя	Силовая нагрузка					Осветительная нагрузка					Расчетная нагрузка		
		P _{ном} кВт	k _с	cos φ / tg φ	P _р , кВт	Q _р , кВАр	F, м ²	P _{уд.} , кВт/м ²	P _{н.о.} , кВт	k _{с.о}	P _{р.о.} , кВт	P _р +P _{р.о.} , кВт	Q _р , кВАр	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Потребители электроэнергии 0,38 кВ														
1	Вагоноопрокидыватель	390	0.7	0,8/0,75	273	204.75	2912	0.015	43.68	0.9	39.31	312.31	204.75	373.45
2	Отделение предварительного дробления	1720	0.6	0,9/0,48	1032	495.36	22400	0.016	358.4	0.6	215.04	1247.04	495.36	1341.82
3	Переворачивающая станция №1	650	0.8	0,75/0,88	520	457.6	5920	0.015	88.80	0.85	75.48	595.48	457.6	751.00
4	Закрытый склад угля	450	0.8	0,75/0,88	360	316.8	5920	0.015	88.80	0.85	75.48	435.48	316.8	538.52
5	Отделение окончательного дробления №2	2600	0.8	0,75/0,88	2080	1830.4	9600	0.015	144.00	0.85	122.40	2202.40	1830.4	2863.73
6	Отделение окончательного дробления №1	1600	0.6	0,8/0,75	960	720	9600	0.015	144.00	0.85	122.40	1082.40	720	1300.00
7	Ремонтно-механический цех	654.7			153.5	128.01	4800	0.015	72.00	0.85	61.20	214.70	128.01	249.97
8	Бункеры концентрата	160	0.8	0,7/1	128	128	5820	0.015	87.30	0.85	74.21	202.21	128	239.31
9	Бункеры флотоконцентрата	730	0.8	0,6/1,33	216	287.28	5820	0.015	87.30	0.85	74.21	290.21	287.28	408.35
10	Смесительное отделение №1	1450	0.75	0,8/0,75	1087.5	815.625	5820	0.015	87.30	0.85	74.21	1161.71	815.625	1419.44
11	Смесительное отделение №2	1520	0.6	0,8/0,75	912	684	6720	0.015	100.80	0.85	85.68	997.68	684	1209.64
12	Угольная башня №1	660	0.6	0,7/1	396	396	2560	0.015	38.40	0.85	32.64	428.64	396	583.57
13	Угольная башня №2	780	0.6	0,7/1	468	468	2560	0.015	38.40	0.85	32.64	500.64	468	685.32
14	Угольная башня №3	1200	0.6	0,7/1	720	720	2560	0.02	51.20	0.9	46.08	766.08	720	1051.32
15	Переворачивающая станция №2	350	0.6	0,7/1	210	210	640	0.016	10.24	0.6	6.14	216.14	210	301.36
	Территория завода	---	---	---	---	---	239200	0.00016	38.27	1	38.27	38.27	---	76.31
	ИТОГО	14914.	---	---	9516	7861.8	93652.00		1479	---	1175	10691.38	7861.8	13317

2.2 Определение расчетной нагрузки предприятия в целом

Расчётную полную мощность предприятия определяем по расчётным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

Расчетную нагрузку (активная и реактивная) силовых приемников цехов (кроме рассмотренного) определяем из соотношений

$$P_p = K_c \cdot P_n;$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где P_n – суммарная установленная мощность всех приемников цеха;

K_c – коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным;

$\operatorname{tg} \varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Пример расчета для Вагоноопрокидыватель

ЭП до 1000В (исходные данные табл. 5, поз. 1 до 1000 В).

$$P_p^H = K_c \cdot P_n = 0.7 \cdot 390 = 273 (\text{кВт})$$

$$Q_p^H = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 273 \cdot \operatorname{tg} (\arccos 0.8) = 204.75 (\text{кВар})$$

Расчетные силовые и осветительные нагрузки по цехам предприятия сведем в таблицу 5.

Определяется полную расчетную нагрузку предприятия:

$$\begin{aligned} \Sigma P_p^H &= 9516 \text{ кВт} \\ \Sigma Q_p^H &= 7862 \text{ кВар} \\ \Sigma P_{po} &= 1175 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Так как трансформаторы цеховых подстанций (ТП) еще не выбраны, то приближенно потери мощности определяются из следующих соотношений:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_p'' = 0,02 \cdot 13317 = 266.3 \kappa Bm ;$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_p'' = 0,1 \cdot 13317 = 1332 \kappa BAp ;$$

$$\Delta P_{.i} = 0,03 \cdot S_p'' = 0,03 \cdot 13317 = 399.5 \kappa Bm ;$$

$$S_p'' = \sqrt{\left(\sum P_p'' + \sum P_{po}\right)^2 + \sum Q_p''^2} = \sqrt{(9516 + 1175)^2 + 7862^2} = 13317. \kappa BA$$

2.3 Картограмма нагрузок и центр электрических нагрузок (ЦЭН)

Картограмма нагрузок представляет собой схему размещения на генеральном плане предприятия кругов, площади которых в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов.

Радиусы кругов рассчитываются по формулам:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{pi}}{\pi m}},$$

где принимаем $m=1 \text{ кВА/мм}$ – выбираемый масштаб.

Осветительная нагрузка представляется в виде секторов, углы которых определяются:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{p.o}}{S_{p.i}}$$

Таким образом, получаем следующие результаты:

Таблица 2.4.1 Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

№ цеха на ген. плане	S _p , кВА	P _{p.o} , кВт	г, мм	α, град	X, мм	Y, мм	S _p · X, кВА · мм	S _p · Y, кВА · мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Потребители 0,38 кВ								
1	373.45	39.31	14.33	21.96	112	154	72170.56	99234.52
2	1341.82	215.04	10.89	208.03	48	154	17859.36	57298.78
3	751.00	75.48	22.14	17.64	238	154	366217.7	236964.4
4	538.52	75.48	17.03	29.81	252	78	229458.6	71022.9
5	2863.73	122.40	19.05	38.56	125	78	142387.5	88849.8
6	1300.00	122.40	15.34	59.43	76	42	56170.08	31041.36
7	249.97	61.20	11.40	65.41	37	42	15108.95	17150.7
8	239.31	74.21	22.03	17.53	158	24	240817.3	36579.84
9	408.35	74.21	13.12	40.74	175	154	94643.5	83286.28
10	1419.44	74.21	18.64	24.47	194	24	211754.9	26196.48
11	1209.64	85.68	6.97	202.11	194	24	29579.18	3659.28
12	583.57	32.64	14.96	16.71	194	24	136242.3	16854.72
13	685.32	32.64	6.36	92.39	194	24	24641.88	3048.48
14	1051.32	46.08	9.59	57.43	194	24	56062.12	6935.52
15	301.36	6.14	5.93	20.00	252	28	27846	3094
Итого	13317	1175	---	---	---	---	1939244	973307.4

Координаты центра электрических нагрузок:

$$x_0 = \frac{\sum S_{pi} x_i}{\sum S_{pi}} = \frac{1939244}{10290} = 188;$$

$$y_0 = \frac{\sum S_{pi} y_i}{\sum S_{pi}} = \frac{973307}{10290} = 94.$$

Итак, картограмма примет вид:

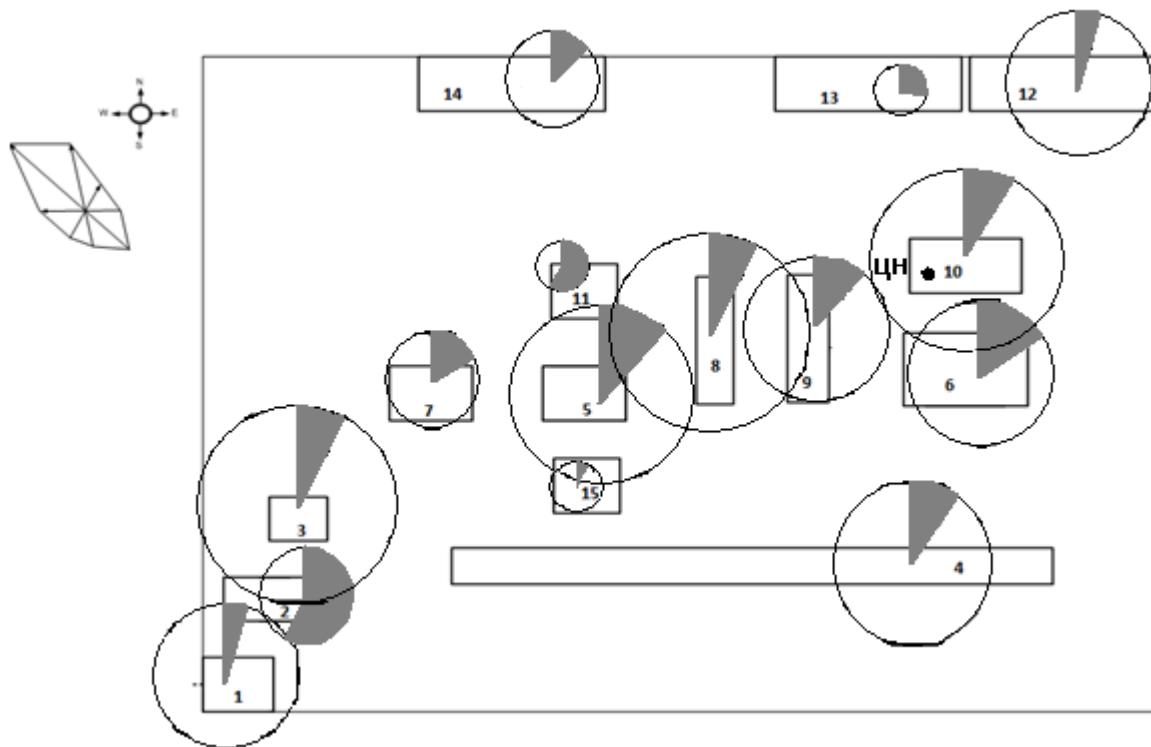


Рис. 2.4.1 Картограмма электрических нагрузок

2.4 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций

Номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы цеховых трансформаторов.

Удельная плотность нагрузки:

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{\text{цехов}}} = \frac{13317}{53652} = 0,25 \text{ кВА} / \text{м}^2$$

Принимаем номинальную мощность трансформатора $S_{\text{ном}} = 1600 \text{ кВА}$.

Расчетное число трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций:

$$N_0 = \frac{\Sigma(P_p^H + P_{po})}{\beta_T S_{\text{нтр}}} = \frac{9516 + 1175}{0,7 \cdot 1600} = 9,54$$

Принимаем $n = 10$.

Активная нагрузка на один трансформатор:

$$P_1 = \frac{P_p + P_{po}}{N} = \frac{9516 + 1175}{10} = 1069,1 \text{ кВт}$$

Количество трансформаторов в цехе:







$$n_i = \frac{(P_p + P_{po})_i}{P_1}$$

Итак, по цехам, соответственно номеру:

$$\begin{array}{lll} n_1 = \frac{312,31}{1069,1} = 0,29 & n_6 = \frac{1082,4}{1069,1} = 1,01 & n_{11} = \frac{997,68}{1069,1} = 0,93 \\ n_2 = \frac{1247,04}{1069,1} = 1,17 & n_7 = \frac{214,7}{1069,1} = 0,2 & n_{12} = \frac{428,64}{1069,1} = 0,4 \\ n_3 = \frac{595,48}{1069,1} = 0,56 & n_8 = \frac{202,21}{1069,1} = 0,19 & n_{13} = \frac{500,64}{1069,1} = 0,47 \\ n_4 = \frac{435,48}{1069,1} = 0,41 & n_9 = \frac{290,21}{1069,1} = 0,27 & n_{14} = \frac{766,08}{1069,1} = 0,72 \\ n_5 = \frac{2202,4}{1069,1} = 2,06 & n_{10} = \frac{1161,71}{1069,1} = 1,09 & n_{15} = \frac{216,14}{1069,1} = 0,2 \end{array}$$

Таким образом, получим следующую схему электроснабжения цехов:

Условные обозначения:

	-	ГПП
	-	Распределительное устройство выше 1000 В
	-	Цеховая двухтрансформаторная подстанция
	-	Распределительный пункт до 1000 В
	-	Распределительная сеть выше 1000 В
	-	Распределительная сеть до 1000 В (между цехами)

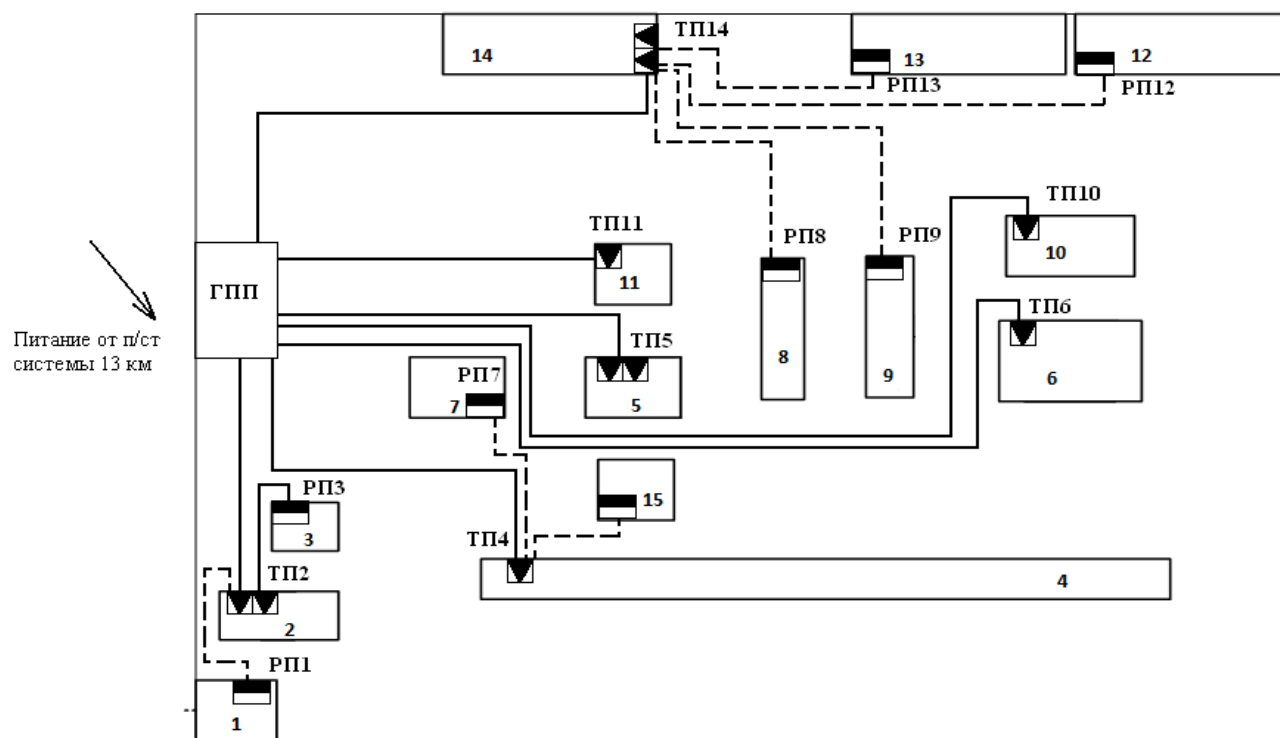


Рис.2.5.1 Схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприёмников.

Кабели 10 кВ прокладываются в траншеях, в земле

Таблица 2.5.1 Распределение электрических нагрузок по пунктам питания

№ п/п	Наименование пункта питания	Потребители электроэнергии	Месторасположение пунктов питания на генплане
1	2	3	4
1.	ТП-2	Цех №1, №2, №3	Цех №2
2.	ТП-4	Цеха №4, №7, №15	Цех №4
3.	ТП-5	Цех №5	Цех №5
4.	ТП-6	Цеха №6	Цех №6
5.	ТП-10	Цеха №10	Цех №10
6.	ТП-11	Цеха №11	Цех №11
7.	ТП-14	Цеха №12,13, 14	Цех №14

2.5 Схема внешнего электроснабжения предприятия

Основные требования к схеме внешнего электроснабжения:

- необходимая надежность электроснабжения;
- простота и удобство в эксплуатации;
- при аварийной ситуации(выход из строя линии или трансформатора) оставшиеся в работе должны принять на себя полностью или частично нагрузку с учетом допустимой перегрузки в послеаварийном режиме;
- учитывать перспективу развития предприятия;
- обеспечивать возможность проведения ремонтных и послеаварийных работ.

Номинальные напряжения сети выбираются в зависимости от передаваемой мощности и дальности передачи. Для предварительного выбора номинального напряжения можно использовать эмпирическую формулу Г.А. Илларионова:

$$U_{\text{эк}} = \frac{1000}{\sqrt{500/l + 2500/P}} = \frac{1000}{\sqrt{500/13 + 2500/10.69}} = 60.6 \text{ кВ}$$

Принимаем $U_n = 110 \text{ кВ}$

Определим номинальную мощность трансформаторов ГПП:

$$S_{n, \text{тр}} = \frac{S_{P, \text{ГПП}}}{2 \cdot \beta_m} = \frac{13317}{2 \cdot 0,7} = 9512$$

где $\beta_T = 0,7$ – коэффициент загрузки трансформатора [3, стр.41]

Округляем до ближайшего большего значения $S_{\text{ном}} = 10000 \text{ кВА}$

Принимаем трансформатор типа *ТДН – 10000/110* [1, стр.218]

Выбор сечения проводов воздушных линий, питающих трансформаторы ГПП

Питающие линии выполняются проводом марки АС, сечение которого выбирается по нагреву расчетным током.

Расчетный ток на одну линию:

$$I_p = \frac{S_{P, \text{ГПП}}}{2\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2 \cdot 1000}{2\sqrt{3} \cdot 110} = 52.5 \text{ А}$$

В аварийном режиме:

$$I_p = \frac{S_{P.ГПП}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2 \cdot 10000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 105 \text{ A}$$

Экономическое сечение:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_p}{i_{\text{эк}}} = \frac{52.5}{1} = 52.5$$

где $j_{\text{эк}} = 1 \frac{\text{A}}{\text{мм}^2}$ – нормированное значение экономической плотности тока при $T_m > 5000$ ч [2, стр.78].

Округлив расчетную величину сечения до ближайшей стандартной, получим 70 мм^2 , но по условиям ограничений потерь на корону для 110 кВ минимальное сечение – 70 мм^2 , поэтому принимаем сечение питающих линий 70 мм^2 .

Для АС – 70 допустимый ток $I_{\text{доп}} = 265 \text{ A}$.

Для выбранного сечения выполним необходимые проверки:

1. По послеаварийному току, когда одна из линий повреждена или отключена:

$$1,3 \cdot 265 > 105(\text{A}) ;$$

$$344,5 > 105 (\text{A}).$$

следовательно, выбранное сечение эту проверку проходит.

2. Проверку по коронированию не производим (см. выше)

3. По механической прочности минимальное сечение $F_{\text{min}} = 25 \text{ мм}^2$, что меньше выбранного

4. Проверка по допустимой потере напряжения:

- допустимая длина питающей линии:

$$l_{\text{доп}} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \% \cdot \frac{I_{\text{доп}}}{I_p} \geq l_{\text{факт}},$$

где $l_{\Delta U 1\%}$ - длина линии при полной нагрузке, на которой потеря напряжения равна 1%. По [3, стр.90] принимаем $l_{\Delta U 1\%} = 5,1 \text{ км}$;

$\Delta U_{доп} \% = 5\%$ - допустимая потеря напряжения в нормальном режиме.

Итак,

$$l_{доп} = 5,1 \cdot 5\% \cdot \frac{265}{50,827} = 132,951 \geq l_{факт} = 13 \text{ км},$$

следовательно выбранное сечение проходит и эту проверку.

Таким образом, электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы по двум воздушным линиям 110 кВ, выполненным проводом марки АС-70 на металлических двухцепных опорах.

ГПП располагается на территории предприятия со смещением от центра электрических нагрузок ввиду особенностей расположения цехов. На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора типа ТДН – 10000/110.

2.6 Схема внутрив заводской распределительной сети 10 кВ

Распределительная сеть 10 кВ выполняется трехжильными кабелями с алюминиевыми жилами, с бумажной изоляцией, с прокладкой в траншеях.

Выбор сечения кабельных линий производится по экономической плотности тока.

Схема внутрив заводской распределительной сети 10 кВ представлена на рисунок 2.7.1

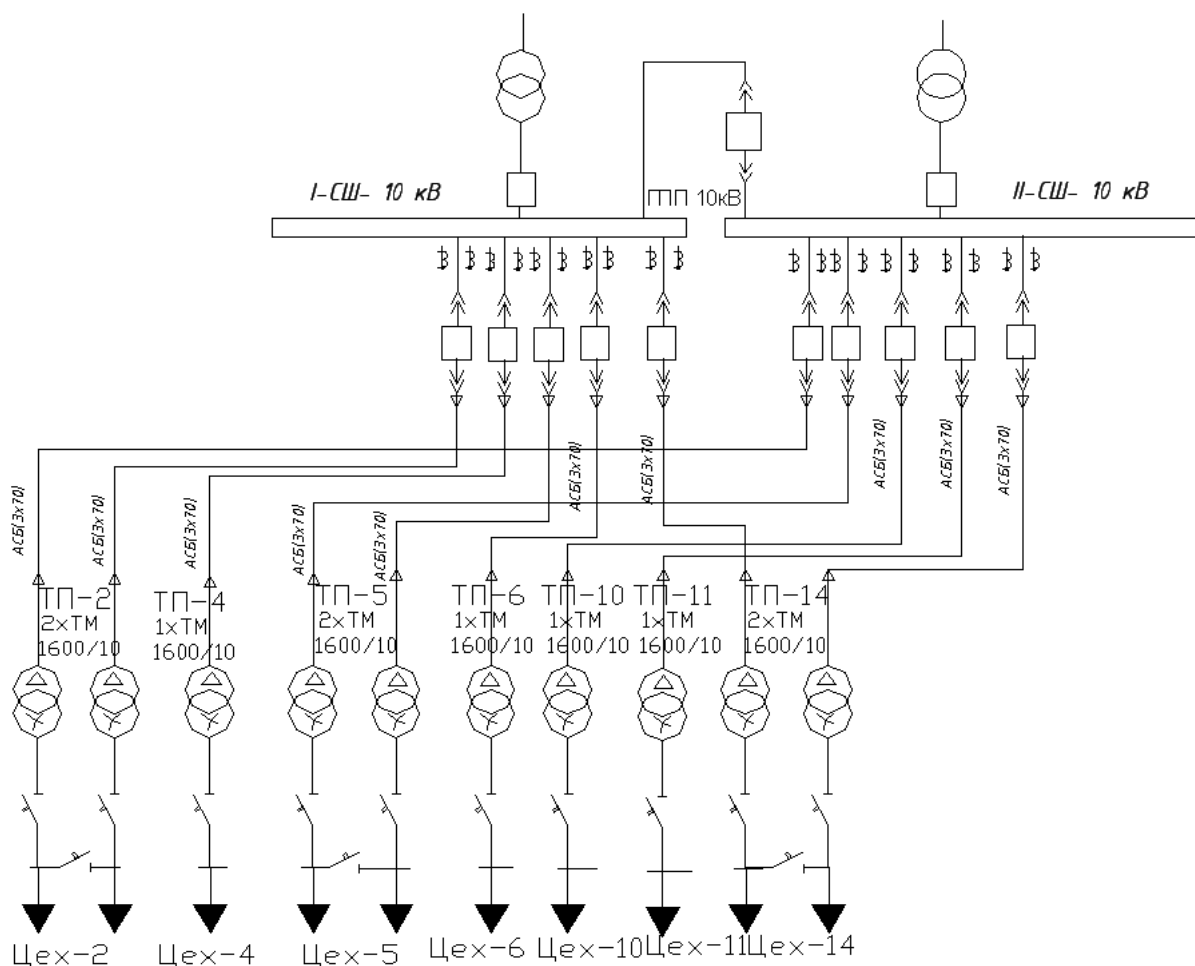


Рисунок 2.7.1 Схема внутрив заводской распределительной сети 10 кВ

1. КЛ от ГПП до ТП-1:

Рассматриваются две параллельные линии, идущие с разных секций ГПП до каждого трансформатора ТП-1.

Расчетный ток на одну линию:

$$I_p = \frac{S_p^H}{2\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2 \cdot 1600}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 92,376 \text{ A}$$

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{92,376}{1,2} = 76,980 \text{ мм}^2$$

Принимаем $S = 70 \text{ мм}^2$, $I_{\text{дон}} = 165 \text{ A}$.

С учетом прокладки:

$$I'_{\text{дон}} = k_{np} \cdot I_{\text{дон}} = 0,87 \cdot 165 = 143,55 \text{ A} \text{ (расстояние между кабелями – 300 мм)}$$

Проверка выбранного сечения:

а) По расчетному току:

$$I_p \leq I'_{\text{дон}}, \\ 92,376 \leq 143,55 \text{ A}$$

б) По послеаварийному току:

$$I_{n/aв} \leq 1,3 \cdot I'_{\text{дон}}, \\ 2 \cdot 92,376 \leq 1,3 \cdot 143,550 \\ 184,752 \leq 186,615 \text{ A},$$

Таким образом, выбранное сечение проходит проверки.

Выбран кабель 2хАСБ (3х70).

2. КЛ от РУ-2 до ТП-2:

Рассматривается одна линия.

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_p^H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 92,376 \text{ A}$$

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{92,376}{1,2} = 76,980 \text{ мм}^2$$

Принимаем $S = 70 \text{ мм}^2$, $I_{\text{дон}} = 165 \text{ A}$.

С учетом прокладки:

$$I'_{\text{дон}} = k_{np} \cdot I_{\text{дон}} = 1 \cdot 165 = 165 \text{ A} \text{ (расстояние между кабелями – 100 мм)}$$

Проверка выбранного сечения:

а) По расчетному току:

$$I_p \leq I'_{доп},$$

$$92,376 \leq 165 \text{ А}$$

б) По послеаварийному току:

Данная проверка не производится, так как линия – одноцепная, и в случае аварии электроснабжение прекращается. Таким образом, выбранное сечение проходит проверки.

Выбран кабель АСБ (3х70).

Таблица 2.7.1 Выбор кабельных линий распределительной сети 10 кВ

№ линии	Назначение линии	Кол-во линий	Расчетная нагрузка на 1 линию		Длина, км	Способ прокладки	Поправочный коэффициент	Марка и сечение кабеля	Доп. загр. на 1 кабель		Примечание
			норм. режим, I_p , А	п/ав. режим, $I_{п/ав}$, А					норм. режим, $I'_{доп}$, А	п/ав. режим, $I'_{доп} \cdot 1,3$, А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Л1	ГПП-ТП-2	2	92,4	184,8	0,5	траншея	0,85	2хАСБ(3х70)	148,5	193	165
Л2	ГПП-ТП-4	1	92,4	-	0,120	траншея	0,85	1хАСБ(3х70)	148,5	193	165
Л3	ГПП-ТП-5	2	92,4	184,8	0,160	траншея	0,85	2хАСБ(3х70)	143,6	186,6	165
Л4	ГПП-ТП-6	1	92,4	-	0,205	траншея	0,85	1хАСБ(3х70)	148,5	193	165
Л5	ГПП-ТП-10	1	92,4	-	0,105	траншея	0,85	1хАСБ(3х70)	143,6	186,6	165
Л6	ГПП-ТП-11	1	92,4	-	0,210	траншея	0,85	1хАСБ(3х70)	148,5	193	165
Л7	ГПП-ТП-14	2	92,4	184,8	0,08	траншея	0,85	2хАСБ(3х70)	143,6	186,6	165

2.7 Расчет токов короткого замыкания для сети выше 1000В и выбор коммутационных аппаратов

В качестве примера рассмотрим участок «система – ГПП – РУ-1 – ТП-1». При расчетах принимаем следующие допущения:

1. Активные сопротивления линий и трансформаторов равны нулю, так как они пренебрежимо малы по сравнению с реактивными.
2. Так как мощность системы не задана, то подразумеваем, что $S_c = \infty$, откуда $x_c = 0$.

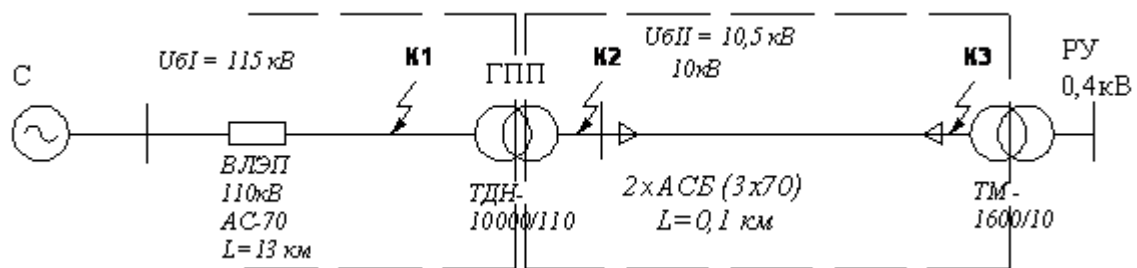


Рисунок 2.8.1 Однолинейная расчетная схема сети

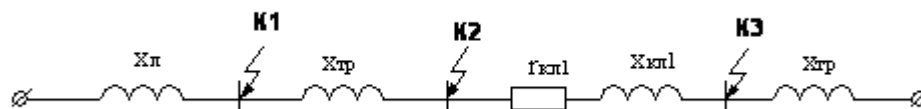


Рисунок 2.8.2 Упрощенная однолинейная схема замещения

Расчет ведем в относительных единицах.

Принимаем базисные единицы:

$$S_{\bar{o}} = 100 \text{ MVA} \quad I_{\bar{oI}} = \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{oI}}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,502 \text{ кА}$$

$$U_{\bar{oI}} = 115 \text{ кВ} \quad I_{\bar{oII}} = \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{oII}}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}$$

$$U_{\bar{oII}} = 10,5 \text{ кВ}$$

1. Рассмотрим точку К1:

Сопротивление короткого замыкания:

$$z_{\Sigma K1} = x_{\pi 1} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\bar{oII}}^2} = 0,4 \cdot 13 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,039$$

Тогда действующее значение тока КЗ:

$$I_{\kappa 1} = \frac{I_{\delta I}}{z_{\Sigma \kappa 1}} = \frac{0,502}{0,039} = 12,872 \text{ кА}$$

Ударный ток:

$$i_{y\partial 1} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{\kappa 1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 12,872 = 32,767 \text{ кА}$$

Мощность короткого замыкания:

$$S_{\kappa 1} = \frac{S_{\delta}}{z_{\Sigma \kappa 1}} = \frac{100}{0,039} = 2564,103 \text{ МВА}$$

2. Рассмотрим точку К2:

Сопротивление короткого замыкания:

$$z_{\Sigma \kappa 2} = z_{\Sigma \kappa 1} + \frac{U_{\kappa} \% \cdot S_{\delta}}{100 \cdot S_{н.мр}} = 0,039 + \frac{10,5 \cdot 100}{100 \cdot 16} = 0,695$$

Тогда действующее значение тока КЗ:

$$I_{\kappa 2} = \frac{I_{\delta II}}{z_{\Sigma \kappa 2}} = \frac{5,5}{0,695} = 7,914 \text{ кА}$$

Ударный ток:

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{\kappa 2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 7,914 = 20,145 \text{ кА}$$

Мощность короткого замыкания:

$$S_{\kappa 2} = \frac{S_{\delta}}{z_{\Sigma \kappa 2}} = \frac{100}{0,695} = 143,885 \text{ МВА}$$

3. Рассмотрим точку К3:

Сопротивление короткого замыкания:

$$z_{\Sigma \kappa 3} = z_{\Sigma \kappa 2} + z_{\kappa II} = z_{\Sigma \kappa 2} + x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta II}^2} = 0,695 + 0,08 \cdot 0,049 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,699$$

Тогда действующее значение тока КЗ:

$$I_{\kappa 3} = \frac{I_{\delta II}}{x_{\Sigma \kappa 3}} = \frac{5,5}{0,699} = 7,873 \text{ кА}$$

Ударный ток:

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{\kappa 3} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 7,873 = 20,042 \text{ кА}$$

Мощность короткого замыкания:

$$S_{к3} = \frac{S_{\sigma}}{x_{\Sigma к3}} = \frac{100}{0,699} = 143,062 \text{ МВА}$$

Таблица 2.8.1 Расчет токов КЗ в сети 110-10 кВ

Расчетные точки		К1	К2	К3
Токи КЗ	$I_{\infty}, \text{ кА}$	12,872	7,914	7,873
	$i_y, \text{ кА}$	32,767	20,145	20,042

Используя полученные значения токов короткого замыкания, проверим принятые ранее сечение кабелей на термическую стойкость при КЗ в начале линии. Термически стойкое сечение:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T},$$

где $B_k = I_k^2 (t_{\text{отк}} + T_a)$ – тепловой импульс тока КЗ, $\text{А}^2\text{с}$;

T_a – постоянная затухания апериодической составляющей тока КЗ, принимаем равной 0,01 с.

$t_{\text{отк}} = t_z + t_o$ – время отключения КЗ, с;

t_z – время действия основной защиты, принимаем равной 1,2 с.

t_o – полное время отключения выключателя; учитывая, что в ЗРУ ГПП установлены выключатели типа ВМПЭ, у которого $t_o = 0,12$ с;

C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника; принимаем равным 85 ($\text{А} \cdot \text{сS}/\text{ммI}$).

Проверяем линию ГПП – РУ-1:

$$I_{к2} = 7,914 \text{ кА}$$

$$(t_{\text{отк}} + T_a) = 1,2 + 0,12 + 0,01 = 1,33 \text{ с},$$

$$F_{\min} = \frac{I_{к2} \sqrt{t_{\text{отк}} + T_a}}{C_T} = \frac{7,914 \cdot 10^3 \sqrt{1,33}}{85} = 107,375 \text{ мм}^2$$

Полученное значение минимального сечения показывает, что выбранный кабель, для данного участка распределительной сети АСБ – 4(3Ч120) проходит по термической стойкости к току КЗ: $F \geq F_{\min}$ ($2 \times 120 > 107,375$).

Линия РУ-1 – ТП1:

$$I_{\kappa 3} = 7,873 \text{ кА}$$

$$F_{\min} = \frac{I_{\kappa 3} \sqrt{t_{\text{отк}} + T_a}}{C_T} = \frac{7,873 \cdot 10^3 \sqrt{1,33}}{85} = 106,819 \text{ мм}^2$$

Полученное значение минимального сечения показывает, что выбранный кабель, для данного участка распределительной сети 10 (кВ) АСБ – 2(3х70) не проходит по термической стойкости к току КЗ: $F < F_{\min}$ (70 < 106,819 мм²). Поэтому для этого участка принимаем ближайшее большее к минимальному сечение: $F = 120 \text{ мм}^2$

2.8 Выбор коммутационных аппаратов

Выбор выключателей 10кВ произведем по следующим параметрам:

1. По напряжению установки: $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$;
2. По длительному току: $I_p \leq I_n$;
3. По отключающей способности: $I_0 \leq I_{\text{н.откл}}$;
4. По электродинамической стойкости: $i_y \leq i_{\text{дин}}$;
5. По термической стойкости: $B_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$.

Выбор выключателя 10 кВ, установленного на низкой стороне силового трансформатора ГПП, сведем в таблицу 9.1.

Выбираем выключатель ВМЭ-10Э-1000/20УЭ

Таблица 2.9.1 Выбор выключателя на низкой стороне силового трансформатора ГПП

Расчетные данные	Каталожные данные Выключатель ВМЭ-10Э-1600/20УЗ
$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{max}} = 1118 \text{ А}$	$I_n = 1600 \text{ А}$
$I_0 = 7,91 \text{ кА}$	$I_{\text{н.откл}} = 20 \text{ кА}$
$i_y = 20,14 \text{ кА}$	$i_y = 31,5 \text{ кА}$
$B_k = 61,1 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 1600 \text{ кА}^2\text{с}$

Выбранный нами выключатель удовлетворяет всем условиям.

Выбор разъединителя, 110 кВ осуществим по следующим условиям:

1. По напряжению установки: $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$;
2. По длительному току: $I_p \leq I_n$ (кроме короткозамыкателя);
3. По электродинамической стойкости: $i_y \leq i_{\text{дин}}$;
4. По термической стойкости: $B_k \leq I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}$.

Выбор разъединителя и отделителя сведем в таблицу 9.2.

Выбор короткозамыкателя 110 кВ сведем в таблицу 9.3.

Выбор выключателя и разъединителя 110 кВ.

Выбираем выключатель ВБУ-110-50/1000У3

Выбираем разъединитель РНД3.2-110/630Т1

Таблица 2.9.2 Выбор отделителя и разъединителя 110 кВ

Расчетные данные	Каталожные данные	
	Выключатель ВБУ-110-50/1000У3	Разъединитель РНД3.2-110/630Т1
$U_{уст} = 110 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 110 \text{ кВ}$
$I_{max} = 101 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$i_y = 32,77 \text{ кА}$	$i_{дин} = 100 \text{ кА}$	$i_{дин} = 80 \text{ кА}$
$B_k = 10,9^2 \cdot 1,33 = 158 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 50^2 \cdot 4 = 10000 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 31,5^2 \cdot 4 = 3969 \text{ кА}^2\text{с}$

Выбранный нами разъединитель удовлетворяет всем условиям.

Выбранный нами отделитель удовлетворяет всем условиям.

Выбор короткозамыкателя 110 кВ.

Выбираем короткозамыкатель КЗ-110УХЛ1

Таблица 2.9.3 Выбор короткозамыкателя 110 кВ

Расчетные данные	Каталожные данные Короткозамыкатель КЗ-110УХЛ1
$U_{уст} = 110 \text{ кВ}$	$U_n = 110 \text{ кВ}$
$I_{max} = 101 \text{ А}$	-
$i_y = 32,77 \text{ кА}$	$I_{дин} = 51 \text{ кА}$
$B_k = 158 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2\text{с}$

Выбранный нами короткозамыкатель удовлетворяет всем условиям.

Принимаем к установке разрядник РТФ-110-1/БУХЛ1 с $U_{ном}=110$, кВ.

Выбор трансформаторов тока

Осуществляем выбор по следующим условиям:

1. По напряжению установки: $U_{уст} \leq U_{ном}$;
2. По длительному току: $I_{ном} \leq I_{ном}; I_{max} \leq I_{ном}$;

3. По электродинамической стойкости: $i_y \leq i_{дин}$;
4. По термической стойкости: $B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$;
5. По вторичной нагрузке: $Z_2 \leq Z_{2ном}$; $r_2 = Z_2 \leq Z_{2ном}$,

где Z_2 – вторичная нагрузка трансформатора тока;

$Z_{2ном}$ – номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности.

Выбор трансформатора тока 110 кВ.

Выбираем ТФЗМ-110Б-1-ХЛ1

Выбор трансформатора тока сведем в таблицу 2.9.4.

Таблица 2.9.4 Выбор трансформатора тока 110 кВ

Расчетные данные	Каталожные данные ТФЗМ-110Б-1-ХЛ1
$U_{уст} = 110$ кВ	$U_{ном} = 110$ кВ
$I_{max} = 101$ А	$I_{ном} = 150$ А
$i_y = 32,77$ кА	$i_{дин} = 41$ кА
$B_k = 158$ кА ² с	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 8^2 \cdot 3 = 192$ кА ² с
$r_2 = z_2 = 1,2$ Ом	$z_2 = 1,2$ Ом

Проверим выбранный трансформатор тока по вторичной нагрузке.

Таблица 2.9.5 Вторичная нагрузка трансформатора тока

Прибор	Тип	Нагрузка, ВА, фазы		
		А	В	С
Счетчик активной энергии	СА4-И 682	2,5	-	2,5
Счетчик реактивной энергии	СР4-И 682	2,5	-	2,5
Амперметр регистрирующий	Н-344	-	10	-
Ваттметр	Д-335	0,5	-	0,5
Итого		5,5	10	5,5

Наиболее загружен трансформатор тока фазы В.

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{10}{25} = 0,4 \text{ Ом}.$$

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{пр} = z_{2ном} \cdot r_{приб} + r_k = 1,2 - 0,4 - 0,1 = 0,7 \text{ Ом},$$

где $r_k = 0,1 \hat{I}$ – принимается при числе приборов, большем трех (сопротивление контактов).

Зная $r_{пр}$, можно определить сечение соединительных проводов:

$$q = \frac{\rho \cdot l_{расч}}{r_{пр}},$$

где $\rho = 0,0283$ – удельное сопротивление провода, Ом/м.

$$l_{расч} = 2 \cdot l = 2 \cdot 75 = 150 \text{ м}.$$

$$q = \frac{\rho \cdot l_{расч}}{r_{пр}} = \frac{0,0283 \cdot 150}{0,7} = 6 \text{ мм}^2.$$

Принимаем контрольный кабель АКРВГ с жилами сечением 6 мм².

Выбранный нами трансформатор тока удовлетворяет всем условиям

Выбор трансформатора тока 10 кВ.

Выбираем трансформатор тока. ТШЛ-10-У3

Выбор трансформатора тока 10 кВ сведем в таблицу 2.9.6.

Таблица 2.9.6 Выбор трансформатора тока 10 кВ

Расчетные данные	Каталожные данные ТШЛ-10-У3
$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{max} = 1118 \text{ А}$	$I_{ном} = 2000 \text{ А}$
$i_y = 20,14 \text{ кА}$	$i_{дин} = 25 \text{ кА}$
$B_k = 61,1 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{терм}^2 \cdot t_{терм} = 3675 \text{ кА}^2\text{с}$
$r_2 = z_2 = 1,2 \text{ Ом}$	$z_2 = 1,2 \text{ Ом}$

Проверка производится аналогично трансформатору тока 110 кВ ТФЗМ.

Выбранный нами трансформатор тока удовлетворяет всем условиям

Выбор трансформаторов напряжения

Осуществляем выбор трансформаторов напряжения по следующим условиям:

1. По напряжению установки: $U_{уст} \leq U_{ном}$;
2. По конструкции и схеме соединения обмоток;
3. По классу точности;
4. По вторичной нагрузке: $S_{2\Sigma} \leq S_{ном}$;

где $S_{ном}$ – номинальная мощность в выбранном классе точности;

$S_{2\Sigma}$ - нагрузка всех измерительных приборов.

Выбираем трансформатор напряжения НТМК-10-71У3:

$U_{ном}=10$ кВ;

класс точности: 0,5;

схема соединения обмоток: $Y/Y/\Delta-0$

Проверим по вторичной нагрузке:

$S_{ном}$ – номинальная мощность в выбранном классе точности, для трансформаторов, соединенных по схеме открытого треугольника следует взять удвоенную мощность одного трансформатора;

$S_{2\Sigma}$ - нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединенных к трансформатору напряжения, ВА.

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{приб}^2 + Q_{приб}^2}.$$

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения первой секции:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P_{приб}^2 + Q_{приб}^2} = \sqrt{96^2 + 233^2} = 252 \text{ ВА}.$$

Трансформаторы, соединенные по схеме открытого треугольника имеют мощность: $2 \cdot 75 = 150$ ВА.

$S_{ном} < S_{2\Sigma}$, поэтому предусматриваем дополнительно установку двух трансформаторов НТМК-6-71У3, общей мощностью $2 \cdot 75 = 150$ ВА.

Полная мощность всех установленных на первой секции трансформаторов напряжения: $150+150=300$ ВА.

Таким образом, трансформаторы напряжения будут работать в выбранном классе точности 0,5.

Выбор трансформаторов напряжения второй секции шин производится аналогично.

Выбираем трансформаторы НТМК-10-71У3.

Таблица 2.9.7 Вторичная нагрузка трансформатора напряжения

Прибор		Тип	Мощность одной обмотки, ВА	Число обмоток	cos φ	sin φ	число приборов	Общая потребляемая мощность	
								P, Вт	Q,ВАр
Вольтметр (сборные шины)		Э-335	2	1	1	0	1	2	-
Счетчик активной энергии	Ввод 10 кВ от трансформатора	И-674	3 Вт	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Счетчик реактивной энергии		И-673	3 Вт	2	0,38	0,925	1	6	14,5
Счетчик активной энергии	Линии 10 кВ	И-674	3 Вт	2	0,38	0,925	7	42	102
Счетчик реактивной энергии		И-673	3 Вт	2	0,4	0,93	7	42	102
Итого								96	233

Выбранный нами трансформатор напряжения удовлетворяет всем условиям.

2.9 Электроснабжение ремонтно-механического цеха

Расчет электроснабжения цеха можно провести в следующей последовательности:

1. Приёмники цеха распределяются по пунктам питания (силовым распределительным шкафам или шинопроводам), **схема питания цеха приведена рисунок 2.10.1** Выбор способа прокладки питающей сети производится с учётом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки. Исполнение силовых распределительных пунктов и шинопроводов должно также соответствовать характеру окружающей среды;

2. Определяются расчётные электрические нагрузки по пунктам питания цеха;

3. Производится выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере напряжения;

4. Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления цеха;

5. Производится расчёт питающей и распределительных сетей по допустимой потере напряжения и построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ЗРУ ГПП до зажимов одного наиболее удалённого от цеховой ТП электроприёмника, для режимов максимальной и минимальной нагрузок;

6. Производится расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприёмника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппаратов защиты;

7. Для участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприёмника) строится карта селективности действия аппаратов защиты.

Распределение приёмников по пунктам питания

Распределение электроприёмников по пунктам питания осуществляется путём подключения группы электроприёмников к соответствующему распределительному

шкафу ШР. Так как ШР бывают различных типов и имеют определённое число присоединений, а именно 8, то для каждого электроприёмника необходимо выбрать предохранитель, а затем подключить его к соответствующему ШР. Кроме того, для каждого ШР необходимо выбрать защитный аппарат – автоматический выключатель.

Выбор защитных аппаратов:

Выбор автоматических выключателей:

Выключатели характеризуются следующими величинами:

- номинальным током автомата $I_{на}$;
- номинальным током расцепителя автомата $I_{нрасц}$, так как в один и тот же автомат могут быть встроены различные по току расцепители, рассчитанные на различные номинальные токи, при этом должно выполняться условие $I_{на} > I_{нрасц}$.
- уставками срабатывания по току и времени при перегрузках ($I_{перегр}$, $t_{перегр}$), и коротких замыканиях ($I_{кз}$, $I_{мгн}$), называемых отсечками, а для селективных автоматов уставками выдержки времени срабатывания при КЗ в сети- $t_{кз}$, а для неселективных автоматов - собственное время срабатывания при КЗ в сети ($I_{кз} > I_{уст}$).

С учетом вышесказанного выбор аппаратов защиты производится по трем условиям на основании технических условий и каталогов на автоматы.

Условие 1. Номинальный ток автомата и его расцепителя не должны быть меньше расчетного тока I_m защищаемой линии или номинального тока электроприемника I_n . При этом номинальные токи расцепителей автоматических выключателей должны быть минимально возможными.

Условие 2. Для того, чтобы электроприемник или участок сети не отключался при пуске или кратковременных перегрузках ($I_{пуск}$, $I_{пик}$), аппарат защиты должен быть выбран с учетом кратковременных перегрузок в нормальном или послеаварийном режимах. Аппарат защиты для электроприемников, не имеющих пусковых токов, выбирается без учета этого условия.

Условие 3. Уставки защитных аппаратов должны быть проверены на селективность действия последовательно включенных аппаратов защиты, чтобы при каждом нарушении

нормального режима отключался только поврежденный участок, но не срабатывали защитные аппараты в высших звеньях.

Окончательную проверку делают после выбора конструкции сети, защитных аппаратов, проводников и расчета токов КЗ.

ЭП – Кран-балка

Станок заточной $P_n=14$ кВт; $\cos\varphi=0.6$ согласно табл.2

За расчетный ток нагрузки принимается максимальная токовая нагрузка за получасовой интервал времени I_m равная:

$$I_m = \frac{P_m}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\phi_n \cdot \eta} = \frac{14}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 0.6 \cdot 0.95} = 37.32 \text{ A};$$

пусковой ток: $I_{пуск} = 5 \cdot I_n = 5 \cdot 37.32 = 186.58 \text{ A};$

Выбираем автомат ВА13-29

Номинальный ток автомата: $I_n=63 \text{ A};$

Номинальный ток расцепителя с обратнозависимой характеристикой: $I_{расц}=40\text{A};$

Уставка срабатывания по току в кратности к номинальному току расцепителя $K=6;$

$$I_{н.расц} \cdot K = 40 \cdot 6 = 240 \text{ A} \geq 1,25 \cdot I_{пуск} = 1,25 \cdot 186.58 = 233.23 \text{ A};$$

Выбор вводного выключателя цехового трансформатора(цех №12) и распределительного пункта(цех №9)

$$1) \quad I_{н.расц} \geq I_{дл} = \frac{S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2430,95 \text{ A}$$

$$I_{кз} \geq 1,25I_{кр} = 1,25(I_{пуск.наиб.} + (\sum I_p - k_u \cdot I_{ном.наиб.})) = 1,25(148,56 + (2430,95 - 0,65 \cdot 27,01)) = 3202,44 \text{ A}$$

Выбираем выключатель типа **ВА74-45**, у которого

$$I_{н.расц} = 3000 \text{ A}, \quad I_{кз} = 2 \cdot I_{н.расц.} = 2 \cdot 3000 = 6000 \text{ A}.$$

$$2) \quad I_{н.расц} \geq I_{дл} = \frac{S_{p9}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{214,972}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 326,62 \text{ A}$$

$$I_{\Sigma} \geq 1,25 I_{\Sigma p} = 1,25 (I_{\Sigma \text{пуск. наиб.}} + (\sum I_p - k_u \cdot I_{\Sigma \text{ном. наиб.}})) = 1,25 (148,56 + (326,62 - 0,65 \cdot 27,01)) = 572,03 \text{ A}$$

Выбираем выключатель типа **ВА74-40**, у которого

$$I_{н. расч.} = 500 \text{ A},$$

$$I_{\Sigma} = 3 \cdot I_{н. расч.} = 3 \cdot 500 = 1500 \text{ A}$$

(коэффициент 3 взят из соображений селективности работы защитных аппаратов)

Для таблицы 10 находим эффективное число электроприемников для ШР-1: при $m > 3$ и $K_{u.c.p} < 0.2$ эффективное число ЭП определяется с помощью кривых или таблицы; $n_{\dot{\gamma}} = 10$, $n_{\dot{\gamma}}$ т.к не должно превышать n – исходное число ЭП, то принимаем $n_{\dot{\gamma}} = n = 8$.

Таблица 2.10.1 Расчетные нагрузки пунктов питания

№ п/п	Наименование узлов питания и групп	Количество ЭП n	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%		$m = P_{н. max} / P_{н. min}$	Коэффициент использования Ки	$\cos \varphi / \operatorname{tg} \varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число ЭП n,	Коэффициент максимума Км	Максимальная нагрузка			Расчетные токи $I_M / I_{п}$
			одного ЭП(наименьшего, наибольшего) P_n , кВт	обща я P_n , кВт				$P_{cm} = K_n \cdot P_n$, кВт	$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi$, кВАр			$P_M = K_M \cdot P_{cm}$, кВт	$Q_M = Q_{cm}$ при $n > 10$, $Q_M = 1,1 Q_{cm}$ при $n \leq 10$, кВАр	$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$, кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Силовой распределительный шкаф ШР-1														
	Группа А:														
21-25	Точильно-шлифовальный станок		23	115		0.14	0.6/1.33	16.10	21.47						
28,29	Радиально-сверлильный станок		55	110		0.14	0.6/1.33	15.40	20.53						
45	Вертикально-сверлильный станок		14	14		0.14	0.6/1.33	1.96	2.61						
	Итого по группе А:		14-55	239	$m > 3$	0.14		33.46	44.61	8	2.39	79.97	49.07		
	ИТОГО ПО ШР-1		14-55	239				33.46	44.61			79.97	49.07	93.83	142.59
	Силовой распределительный шкаф ШР-2														
2	Группа А:														
4,5	Токарно-винторезный станок	2	2	4.00		0.14	0.6/1.33	0.56	0.75						
10,11	Токарно-револьверный станок	2	3	6		0.14	0.6/1.33	0.84	1.12						
26,27	Настольно-сверлильный станок	2	10	20		0.14	0.6/1.33	2.80	3.73						

[illegible]

8,9	Заточной станок	2	25	50		0.14	0.6/1.33	7.00	9.33						
34-38	Сварочная кабина ПВ=40%	5	0.95	4.75		0.3	0.65/1.17	1.43	1.67						
	<u>Итого по группе А:</u>	7	0.95-25	54.75	m>3	0.15		8.43	11.00	4	3.11	26.20	12.10		
	<u>ИТОГО ПО ШР-5</u>	7	0.95-25	54.75				8.43	11.00			26.20	12.10	28.86	43.86
	Силовой распределительный шкаф ШР-6														
	<u>Группа А:</u>														
13-16	Настольно-сверлильный станок	4	10	40		0.14	0.6/1.33	5.60	7.47						
17-20	Резьбонарезной полуавтомат	4	8	32		0.14	0.6/1.33	4.48	5.97						
	<u>Итого по группе А:</u>	8		72.00	m<3	0.65		10.08	13.44	8.00	2.31	23.28	14.78		
	<u>ИТОГО ПО ШР-6</u>	8		72.00				10.08	13.44			23.28	14.78	27.58	41.92
	<u>Итого по цеху без учёта осветительной нагрузки</u>	46	0.95-55	654.7	m>3	0.15		97.77	128.01	24	1.57	218.25	124.38	251.21	381.78
	<u>Электрическое освещение</u>			72		Kc=0,8 5		61.2				61.20			
	<u>Итого по цеху с учётом осветительной нагрузки</u>			726.7				158.97	128.01			279.45	124.38	305.89	464.87

Таблица 2.10.2 Защитные аппараты для электроприёмников и силовых распределительных шкафов

№	Наименование	P _н	cosφ	I _н А	I _{кр} А	Аппарат защиты	способ прокладки	Кп	условие выбора защиты	I _н ап.защ А	Ток расцепителя I _{рас} А	Марка кабеля	сечение кабеля S мм	I доп А	Kз	Iз А	Kз*Iз/Кп	принятое сечение S
1,2	Кран-балка ПВ=25%	14	0.6	37.32	186.58	ВА13-29	в воздухе	1	233.23	63	40	АНРГ	10	45	1	40	40	10
3	Листозагибочная машина	50	0.6	133.27	666.36	ВА13-29	в воздухе	1	832.95	63	63	АНРГ	70	140	1	63	63	35
6,7	Универсально-фрезерный станок	13	0.6	34.65	173.25	ВА13-29	в воздухе	1	216.57	63	40	АНРГ	6	35	1	40	40	10
10,11	Токарно-револьверный станок	3	0.65	7.38	36.91	ВА13-29	в воздухе	1	46.13	63	8	АНРГ	2,5	18	1	8	8	2,5
4,5	Токарно-винторезный станок	2	0.6	5.33	26.65	ВА13-29	в воздухе	1	33.32	63	8	АНРГ	2,5	35	1	8	8	2,5
13-16,26,27	Настольно-сверлильный станок	10	0.6	26.65	133.27	ВА13-29	в воздухе	1	166.59	63	32	АНРГ	6	35	1	32	32	6
17-20	Резьбонарезной полуавтомат	8	0.6	21.32	106.62	ВА57-35	в воздухе	1	133.27	250	40	АНРГ	10	75	1	40	40	10
8,9	Заточной станок	25	0.6	66.64	333.18	ВА13-29	в воздухе	1	416.47	63	63	АНРГ	35	95	1	63	63	35
44	Фрезерный станок с ЧПУ	50	0.6	133.27	666.36	ВА57-35	в воздухе	1	832.95	250	160	АНРГ	70	140	1	160	160	120
21-25	Точильно-шлифовальный станок	23	0.6	61.30	306.52	ВА57-35	в воздухе	1	383.16	250	63	АНРГ	16	75	1	63	63	16
28,29	Радиально-сверлильный станок	55	0.8	109.95	549.74	ВА57-35	в воздухе	1	687.18	250	125	АНРГ	50	110	1	125	125	70
30-33	Универсально-заточной станок	19	0.6	50.64	253.22	ВА13-29	в воздухе	1	316.52	63	63	АНРГ	16	60	1	63	63	35
12	Плоскошлифовальный станок	2	0.6	5.33	26.65	ВА13-29	в воздухе	1	33.32	63	8	АНРГ	2,5	35	1	8	8	2,5
40,41	Полировальный станок	10	0.6	26.65	133.27	ВА57-35	в воздухе	1	166.59	250	40	АНРГ	10	75	1	40	40	10
42,43	Сварочная машина ПВ=25%	6	0.65	14.76	73.81	ВА13-29	в воздухе	1	92.26	63	16	АНРГ	2,5	35	1	16	16	2,5
34-39	Сварочная кабина ПВ=40%	1.5	0.6	4.00	19.99	ВА13-29	в воздухе	1	24.99	63	8	АНРГ	2,5	35	1	8	8	2,5
45,46	Вертикально-сверлильный станок	14	0.6	37.32	186.58	ВА13-29	в воздухе	1	233.23	63	40	АНРГ	10	45	1	40	40	10

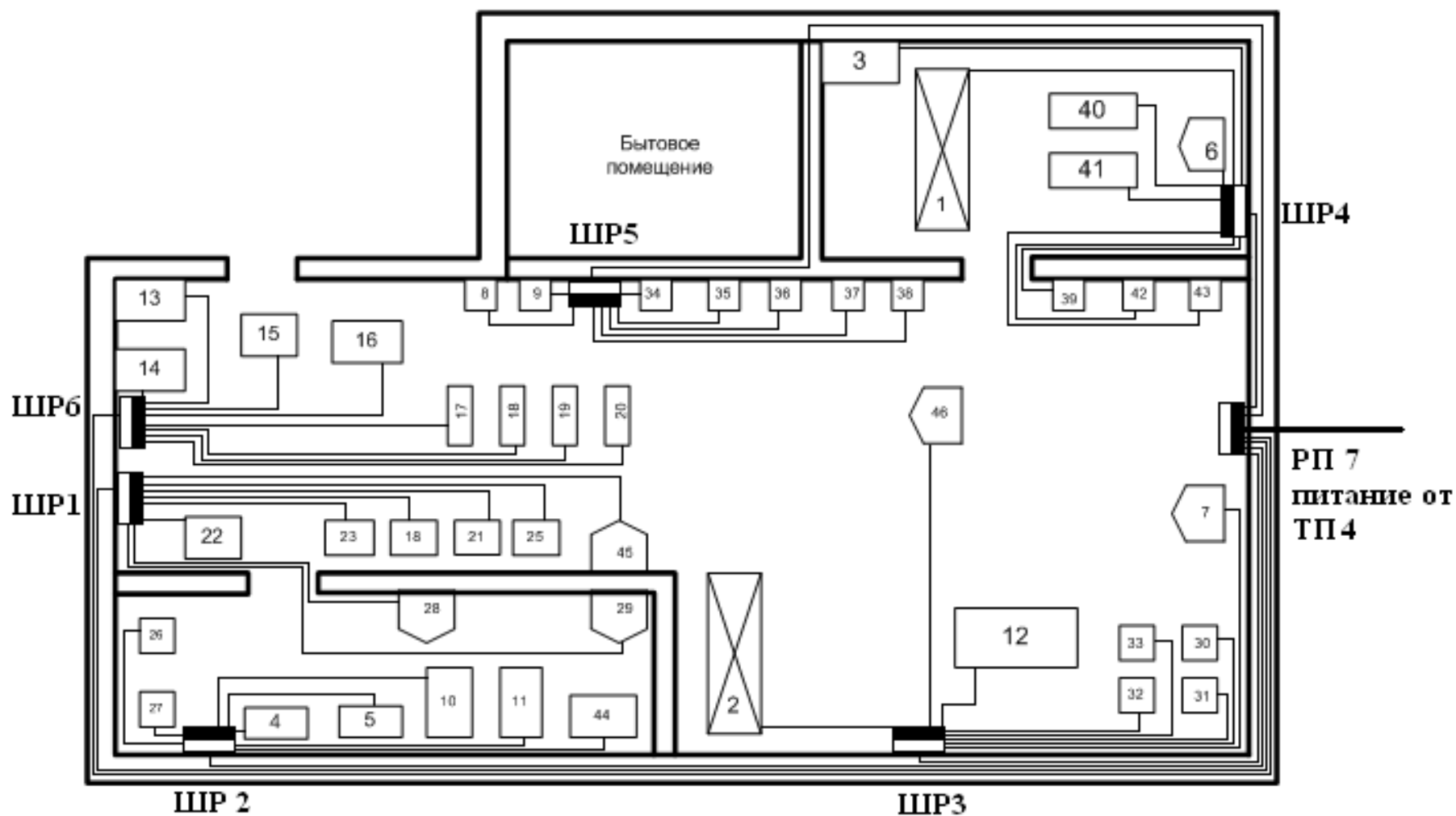


Рисунок 2.10.1 Схема сети цеха

Выбор сечений питающей сети и силовой распределительной сети, аппаратов защиты и управления цеха

Выбор осуществляем по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверяем их по потерям напряжения.

Условие выбора проводников:

$$I_p = I_{дл.} \leq I_{доп};$$

Пример расчёта для линии РП – ШР1:

$$I_p = I_{дл} = 61,289 \text{ A}$$

Используя справочную литературу [8, стр.127] выбираем кабель марки АНРГ-(4х25), у которого

$$I_{доп} = 75 > 61,289 \text{ A}$$

Выбранное сечение необходимо проверить по допустимой потере напряжения

$$\Delta U_p \% = \Delta U_o \cdot I_p \cdot l,$$

где ΔU_o – потеря напряжения в 3-х фазных сетях, %/А·км, принимаем по справочной

литературе [3, стр.91];

I_p – расчётный ток;

l – длина проводника.

$$\Delta U_p \% = 0,5 \cdot 61,289 \cdot 0,01 = 0,31\% < 5\%.$$

Пример расчёта сечения провода ответвления к токарно-винторезный станок :

$$I_f = 5,33 \text{ A}$$

Используя справочную литературу [6, стр.20] выбираем провод марки АНРГ-(4х2,5), у которого $I_{доп} = 18 > I_H = 5,33 \text{ A}$

Пример согласования ответвления и защитного аппарата к токарно-винторезный станок

Условие согласования:

$$I_{доп.} \geq \frac{K_3 I_3}{K_{пр.}},$$

где $I_{\text{дл}}$ — допустимый длительный ток проводника, А;

K_z — коэффициент защиты, принимаем согласно [2, стр.54];

I_n — номинальный ток расцепителя, А;

$K_{пр}$ — коэффициент прокладки проводника, принимаем согласно [2, стр.79].

$$I_{\text{доп}} = 18 > \frac{1 \cdot 8}{1} = 8 \text{ А}$$

Это означает, что ответвление и защитный аппарат к вертикально-фрезерному выбраны верно, так как они удовлетворяют всем условиям проверки и согласования.

Остальные расчеты выполняются аналогично. Результаты представлены в таблице

2.12.3

Таблица 2.10.3 Выбор сечений линий питающей сети цеха

<i>№ п/п</i>	<i>Номер линии на плане цеха</i>	<i>Назначение участка линии питающей сети</i>	<i>Расчетная нагрузка Sp, кВА</i>	<i>Расчетный ток Ip, А</i>	<i>Длина линии l, км</i>	<i>Способ прокладки</i>	<i>Коэф фици ент прокл адки, К</i>	<i>Марка кабеля</i>	<i>Сечение, выбранное из условия допустимого нагрева Sn, мм²</i>	<i>Допус тимый дли тельный ток Idоп, А</i>	<i>cosφ</i>	<i>Потер и напря жения на 1 А·км, ΔU₀, %</i>	<i>Расчет ные потери напря жения ΔUp, %</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Л-1	РП – ШР1	93.83	142.59	0,04	На стенах на скобах	1	АНРГ	(4x95)	165	0,83	0,5	0,31
2	Л-2	РП– ШР2	39.12	59.45	0,025		1	АНРГ	(4x16)	60	0,81	1,18	0,48
3	Л-3	РП – ШР3	43.31	65.82	0,015		1	АНРГ	(4x35)	95	0,72	0,32	0,84
4	Л-4	РП – ШР4	67.89	117.98	0,008		1	АНРГ	(4x70)	110	0,67	0,62	0,17
5	Л-5	РП – ШР5	28.86	43.86	0,025		1	АНРГ	(4x16)	60	0,83	0,5	0,84
6	Л-6	РП – ШР6	27.58	41.92	0,045		1	АНРГ	(4x16)	60	0,86	3,11	0,84

2.10 Построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП наиболее удалённого от цеховой ТП электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок

Отклонение напряжения:

$$\Delta U_{ij} = \frac{P_{ij}R_{ij} + Q_{ij}X_{ij}}{10U_i^2};$$

где ΔU_{ij} – отклонение напряжения на соответствующем участке сети, %;

P_{ij} – поток активной мощности, передаваемый по соответствующему участку сети, кВт;

Q_{ij} – поток реактивной мощности, передаваемый по соответствующему участку сети, кВар;

$R_{ij} = \tau_{oij} \cdot l_{ij}$ – активное сопротивление линии соответствующего участка сети, мОм,

здесь τ_{oij} – удельное активное сопротивление линии соответствующего участка сети,

Ом/км, принимаемое, согласно справочной литературе [1, стр.139], l_{ij} – длина линии соответствующего участка сети, км;

U_i – напряжение в начале соответствующего участка сети, кВ;

Отклонение напряжения на цеховом трансформаторе, %:

$$\Delta U_m = \beta_m (U_a \cdot \cos \phi_2 + U_p \sin \phi_2) + \frac{\beta_m^2}{100} (U_a \sin \phi_2 - U_p \cos \phi_2),$$

$\beta_m = \frac{S_{ij}}{S_{н.тр.}}$ – фактический коэффициент загрузки цехового трансформатора,

здесь

S_{ij} – поток мощности, передаваемый через цеховой трансформатор, кВа,

$S_{н.тр.}$ – номинальная мощность цехового трансформатора, кВа;

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{н.тр.}}$$

– активная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, %, здесь $\Delta P_{кз}$ – потери активной мощности при КЗ, кВт,

принимаем согласно [1, стр.215];

$$U_p = \sqrt{(U_{\hat{e}})^2 - (U_a)^2}$$

– реактивная составляющая напряжения короткого замыкания

цехового трансформатора, %, здесь U_k – напряжение короткого замыкания, %, принимаем согласно справочной литературе [1, стр.218];

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} = \frac{P - \Delta P_m}{\sqrt{(P - \Delta P_m)^2 + (Q - \Delta Q_m)^2}}$$

– коэффициент мощности для вторичной

нагрузки цехового трансформатора, здесь P – поток активной мощности, передаваемой

через цеховой трансформатор, кВт, Q – поток реактивной мощности, передаваемой через

цеховой трансформатор, кВар, $\Delta P_m = 0,02S$ – потери активной мощности в цеховом

трансформаторе, кВт, $\Delta Q_m = 0,1S$ – потери реактивной мощности в цеховом

трансформаторе, кВар;

$\sin \varphi_2$ – соответствующий $\cos \varphi_2$ синус для вторичной нагрузки цехового трансформатора.

Расчет максимального режима:

Участок 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} R_{12} + Q_{12} X_{12}}{10 U_1^2};$$

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,48 \cdot 0,21 = 0,10 \text{ Ом}$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,06 \cdot 0,21 = 0,0126 \text{ Ом}$$

$$P_{12} = P_{p12} + P_{p9} + P_{p11} + P_{p13} = 632,7 + 78,9 + 207,6 + 214,972 = 1134,172 \text{ кВт}$$

$$Q_{12} = 891,827 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{1134,172 \cdot 0,1 + 891,827 \cdot 0,0126}{10 \cdot 10,5^2} = 0,1\%;$$

Или в вольтах:

$$\Delta U_{12} = 0,1 \frac{10500}{100} = 11,8 B$$

$$U_2 = 10500 - 11,8 = 10488,2 B$$

Участок 2-3:

$$\Delta U_{23} = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{100} (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2),$$

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{н.мп}} \cdot 100\% = \frac{16,5}{1600} \cdot 100\% = 1,03\%$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{\kappa}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,03^2} = 5,4$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{1134,172^2 + 891,827^2}}{1600} = 0,89$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 1443,2 = 28,864 \kappa Bm$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 1443,2 = 144,32 \kappa BAp$$

$$P_2' = P_{12} - \Delta P_m = 1134,172 - 28,864 = 1105,308 Bm$$

$$Q_2' = Q_{12} - \Delta Q_m = 891,827 - 144,32 = 747,507 \kappa BAp$$

$$S_2' = \sqrt{P_2'^2 + Q_2'^2} = \sqrt{1105,308^2 + 747,507^2} = 1334,343 \kappa BA$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2'}{S_2'} = \frac{1105,308}{1334,343} = 0,828$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2'}{S_2'} = \frac{747,507}{1334,343} = 0,56$$

$$\Delta U_{23} = 0,89(1,03 \cdot 0,828 + 5,4 \cdot 0,56) + \frac{0,89^2}{100}(1,03 \cdot 0,56 - 5,4 \cdot 0,828) = 3,4\%$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН:

$$10488,2 - 3,4 \frac{10488,2}{100} = 10131,6 B$$

Перерасчет напряжения НН:

$$U_3 = 400 \frac{10131,6}{10500} = 385,97 B$$

Участок 3-4:

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} R_{34} + Q_{34} X_{34}}{10U_3^2};$$

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,13 \cdot 0,04 = 0,005 Ом$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,04 = 0,002 Ом$$

$$P_{34} = P_{p9} = 214,972 \kappa Bm$$

$$Q_{34} = 159,077 \kappa BAp$$

$$\Delta U_{34} = \frac{214,972 \cdot 0,005 + 159,077 \cdot 0,002}{10 \cdot (385,97 \cdot 10^{-3})^2} = 0,93\%;$$

Или в вольтах:

$$\Delta U_{34} = 0,93 \frac{385,97}{100} = 3,4 \text{ В}$$

$$U_4 = 385,97 - 3,4 = 382,57 \text{ В}$$

Участок 4-5:

$$R_{45} = 0,67 \cdot 0,012 = 0,008 \text{ Ом}$$

$$X_{45} = 0,06 \cdot 0,012 = 0,001 \text{ Ом}$$

$$P_{45} = P_{шп8} = 53,056 \text{ кВт}$$

$$Q_{45} = 34,782 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{45} = \frac{53,056 \cdot 0,008 + 34,782 \cdot 0,001}{10 \cdot (382,57 \cdot 10^{-3})^2} = 0,31\%;$$

Или в вольтах:

$$\Delta U_{45} = 0,31 \frac{382,57}{100} = 1,18 \text{ В}$$

$$U_5 = 382,57 - 1,18 = 381,39 \text{ В}$$

Участок 5-6:

$$R_{56} = 4,44 \cdot 0,005 = 0,022 \text{ Ом}$$

$$X_{56} = 0,08 \cdot 0,005 = 0,0004 \text{ Ом}$$

$$P_{56} = P_{фс} = 22 \text{ кВт}$$

$$Q_{56} = 22 \cdot 1,73 = 38,06 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{56} = \frac{22 \cdot 0,022 + 38,06 \cdot 0,0004}{10 \cdot (381,39 \cdot 10^{-3})^2} = 0,34\%;$$

Или в вольтах:

$$\Delta U_{56} = 0,34 \frac{381,39}{100} = 1,3 \text{ В}$$

$$U_6 = 381,39 - 1,3 = 380,1 \text{ В}$$

Расчет минимального режима:

Для определения потоков мощностей для минимального режима воспользуемся характерным суточным графиком электрических нагрузок для предприятий тяжелого машиностроения (ввиду отсутствия в литературе других схожих):

$$P_{\min 12} = 0,75 \cdot P_{\max 12} = 0,75 \cdot 1134,172 = 850,63 \text{ кВт}$$

$$Q_{\min 12} = 0,9 \cdot Q_{\max 12} = 0,9 \cdot 891,827 = 802,64 \text{ кВАр}$$

Далее:

Участок 1-2:

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,48 \cdot 0,21 = 0,1 \text{ Ом}$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,06 \cdot 0,21 = 0,0126 \text{ Ом}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{850,63 \cdot 0,1 + 802,64 \cdot 0,0126}{10 \cdot 10^2} = 0,095\%;$$

Или в вольтах:

$$\Delta U_{12} = 0,095 \frac{10000}{100} = 9,5 \text{ В}$$

$$U_2 = 10000 - 9,5 = 9990,5 \text{ В}$$

Участок 2-3:

$$\Delta U_{23} = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{100} (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2),$$

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{н.мп}} \cdot 100\% = \frac{16,5}{1600} \cdot 100\% = 1,03\%$$

$$U_p \% = \sqrt{U_{\kappa}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,03^2} = 5,4$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{850,63^2 + 802,64^2}}{1600} = 0,73$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 1169,53 = 23,39 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 1169,53 = 116,95 \text{ кВАр}$$

$$P_2' = P_{12} - \Delta P_m = 850,63 - 23,39 = 827,24 \text{ кВт}$$

$$Q_2' = Q_{12} - \Delta Q_m = 802,64 - 116,95 = 685,69 \text{ кВАр}$$

$$S_2' = \sqrt{P_2'^2 + Q_2'^2} = \sqrt{827,24^2 + 685,69^2} = 1074,48 \text{ кВА}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2'}{S_2'} = \frac{827,24}{1074,48} = 0,77$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2'}{S_2'} = \frac{685,69}{1074,48} = 0,64$$

$$\Delta U_{23} = 0,73 (1,03 \cdot 0,77 + 5,4 \cdot 0,64) + \frac{0,73^2}{100} (1,03 \cdot 0,64 - 5,4 \cdot 0,77) = 3,08\%$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН:

$$9990,5 - 3,08 \frac{9990,5}{100} = 9682,47 \text{ В}$$

Перерасчет напряжения НН:

$$U_3 = 380 \frac{9682,47}{10000} = 367,93 \text{ В}$$

Участок 3-4:

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,13 \cdot 0,04 = 0,005 \text{ Ом}$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,04 = 0,002 \text{ Ом}$$

$$P_{34} = 0,75 \cdot P_{p9} = 161,23 \text{ кВт}$$

$$Q_{34} = 0,9 \cdot 159,077 = 143,17 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{161,23 \cdot 0,005 + 143,17 \cdot 0,002}{10 \cdot (367,93 \cdot 10^{-3})^2} = 0,81\%;$$

Или в вольтах:

$$\Delta U_{34} = 0,81 \frac{367,93}{100} = 2,98 \text{ В}$$

$$U_4 = 367,93 - 2,98 = 364,95 \text{ В}$$

Участок 4-5:

$$R_{45} = 0,67 \cdot 0,012 = 0,008 \text{ Ом}$$

$$X_{45} = 0,06 \cdot 0,012 = 0,001 \text{ Ом}$$

$$P_{45} = 0,75 \cdot P_{шп8} = 39,79 \text{ кВт}$$

$$Q_{45} = 31,30 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{45} = \frac{39,79 \cdot 0,008 + 31,30 \cdot 0,001}{10 \cdot (364,95 \cdot 10^{-3})^2} = 0,26\%;$$

Или в вольтах:

$$\Delta U_{45} = 0,26 \frac{364,95}{100} = 0,96 \text{ В}$$

$$U_5 = 364,95 - 0,96 = 363,99 \text{ В}$$

Участок 5-6:

$$R_{56} = 4,44 \cdot 0,005 = 0,022 \text{ Ом}$$

$$X_{56} = 0,08 \cdot 0,005 = 0,0004 \text{ Ом}$$

$$P_{56} = P_{\phi c} = 22 \text{ кВт}$$

$$Q_{56} = 22 \cdot 1,73 = 38,06 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{56} = \frac{22 \cdot 0,022 + 38,06 \cdot 0,0004}{10 \cdot (363,99 \cdot 10^{-3})^2} = 0,38\%;$$

Или в вольтах:

$$\Delta U_{56} = 0,38 \frac{363,99}{100} = 1,37 \text{ В}$$

$$U_6 = 363,99 - 1,37 = 362,62 \text{ В}$$

Результаты расчетов для построения эпюры отклонений напряжения для максимального и минимального режимов систематизируем в виде таблицы, представленной ниже.

Таблица 2.11.1 Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

	<i>Максимальный режим</i>	<i>Минимальный режим</i>
$\Delta U_{12}, \%$	0,1	0,095
$\Delta U_{12}, \text{В}$	11,8	9,5
$\Delta U_{23} = \Delta U_m, \%$	3,4	3,08
$\Delta U_{23} = \Delta U_m, \text{В}$	356,6	308,03
$\Delta U_{34}, \%$	0,93	0,81
$\Delta U_{34}, \text{В}$	3,4	2,98
$\Delta U_{45}, \%$	0,31	0,26
$\Delta U_{45}, \text{В}$	1,18	0,96
$\Delta U_{56}, \%$	0,34	0,38
$\Delta U_{56}, \text{В}$	1,3	1,37
$U_{ном}, \text{В}$	380,1	362,62

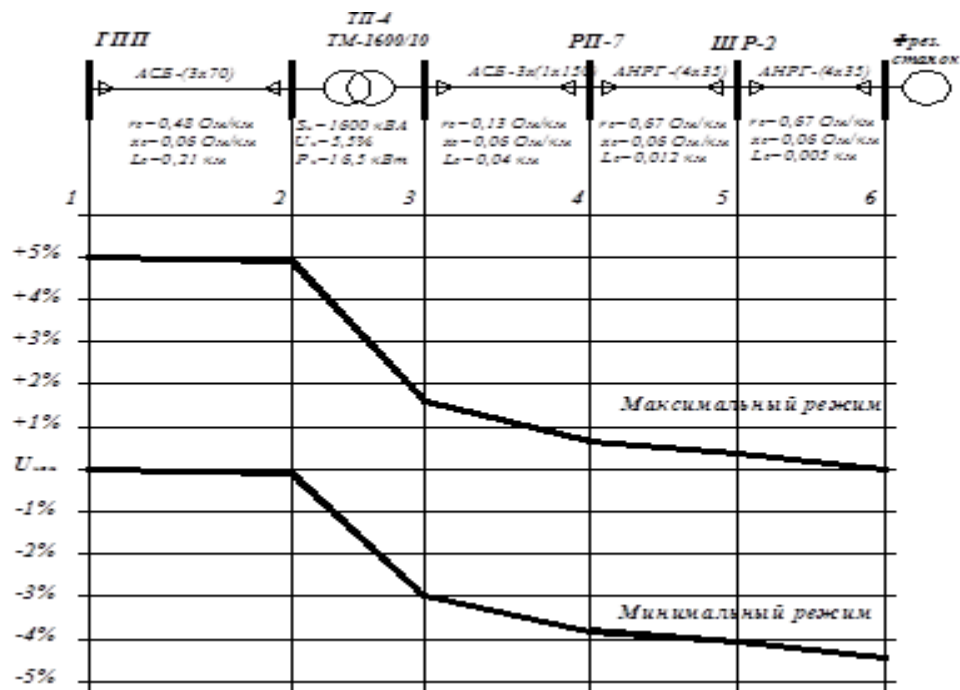


Рис. 2.11.1. Эпюры отклонений напряжения

2.11 Расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП

до самого мощного электроприёмника цеха (фрезерного станка)

Расчёт токов КЗ в сети до 1000 В имеет следующие особенности:

- 1 принимаем мощность системы $S_c = \infty$, что правомерно $S_c \geq 50S_{н.тр.}$. При этом напряжение на шинах подстанции считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;
- 2 при расчёте учитываются все активные и реактивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети: силовой трансформатор, сопротивление токовой катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей;
- 3 расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение берётся на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем $U = 400В$, действующая величина тока короткого замыкания $I_k = U / \sqrt{3}Z_{\Sigma}$.

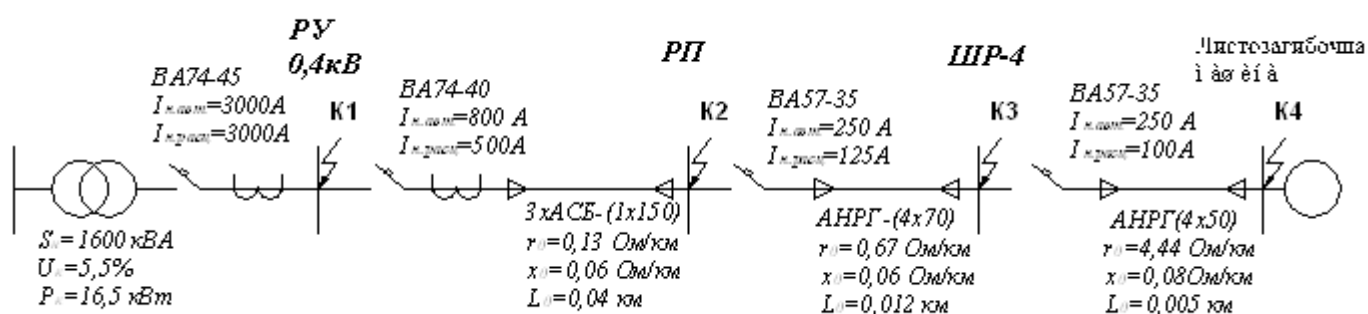


Рис. 2.12.1. Схема расчета токов короткого замыкания для сети ниже 1000В

Расчёт токов КЗ для точки К1:

$$R_m = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U^2}{S_{н.тр.}^2} = \frac{16,5 \cdot 400^2}{1600^2} = 1,03 \text{ мОм} \quad \text{— активное сопротивление трансформатора.}$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{н.тр.}} = \frac{16,5 \cdot 100\%}{1600} = 1,03\% \quad \text{— активная составляющая напряжения КЗ;}$$

$$U_p = \sqrt{U_{кз}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,03^2} = 5,4\% \quad \text{— реактивная составляющая напряжения КЗ;}$$

$$X_m = \frac{U_p\%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{н.тр.}} = \frac{5,4}{100} \cdot \frac{400^2}{1600} = 5,4 \text{ мОм} \quad \text{— активное сопротивление трансформатора;}$$

$$Z_{\Sigma\kappa 1} = \sqrt{R_m^2 + X_m^2} = \sqrt{1,03^2 + 5,5^2} = 5,6 \text{ мОм}$$

$$I_{\kappa 1} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{\Sigma\kappa 1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 5,6} = 41,24 \text{ кА}$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y\vartheta 1} = 1,55$;

$$i_{y1} = I_{\kappa 1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\vartheta 1} = 41,24 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,55 = 90,4 \text{ кА}$$

Расчёт токов КЗ для точки К2:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [2, стр.63] следующие величины:

$R_k = 0,13 \text{ мОм}$ – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_k = 0,098 \text{ мОм}$ – реактивное сопротивление токовой катушки автоматич. выключателя;

$R_{пер} = 0,32 \text{ мОм}$ – переходное сопротивление контактов.

Для трансформатора тока, согласно [2, стр.63] при коэффициенте трансформации $K_T = 600/5$ принимаем следующие величины:

$R_{mm} = 0,05 \text{ мОм}$ – активное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока;

$X_{mm} = 0,07 \text{ мОм}$ – реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока.

Для кабеля АСБ - (ЗЧ240) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_o \cdot l = 0,13 \cdot 0,04 \cdot 10^3 = 5,20 \text{ мОм}$$

$$X_{каб} = x_o \cdot l = 0,06 \cdot 0,04 \cdot 10^3 = 2,4 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma\kappa 2} = \sqrt{(R_m + R_k + R_{пер} + R_{mm} + R_{каб})^2 + (X_m + X_k + X_{mm} + X_{каб})^2} =$$

$$= \sqrt{(1,03 + 0,13 + 0,32 + 0,05 + 5,20)^2 + (5,4 + 0,098 + 0,07 + 2,4)^2} = 10,43 \text{ мОм}$$

$$I_{\kappa 2} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{\Sigma\kappa 2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10,43} = 22,14 \text{ кА}$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y\vartheta 2} = 1,05$;

$$i_{y2} = I_{\kappa 2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\vartheta 2} = 22,14 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,05 = 21,1 \text{ кА}$$

Расчёт токов КЗ для точки КЗ:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [2, стр.63] следующие величины:

$R_k = 1,3 \text{ мОм}$ – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_k = 0,86 \text{ мОм}$ – реактивное сопротивление токовой катушки автоматич. выключателя;

$R_{пер} = 0,75 \text{ мОм}$ – переходное сопротивление контактов.

Для кабеля АНРГ– (3х70) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_o \cdot l = 0,67 \cdot 0,012 \cdot 10^3 = 8,04 \text{ мОм}$$

$$X_{каб} = x_o \cdot l = 0,06 \cdot 0,012 \cdot 10^3 = 0,72 \text{ мОм}$$

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma К3} &= \sqrt{(R_{\Sigma 2} + R_k + R_{пер} + R_{каб})^2 + (X_{\Sigma 2} + X_k + X_{каб})^2} = \\ &= \sqrt{(6,73 + 1,3 + 0,75 + 8,04)^2 + (7,97 + 0,86 + 0,72)^2} = 19,34 \text{ мОм} \end{aligned}$$

$$I_{К3} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma К3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 19,34} = 11,94 \text{ кА}$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y\varnothing 3} = 1,02$;

$$i_{y3} = I_{К3} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\varnothing 3} = 11,94 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,02 = 17,22 \text{ кА (кА)}.$$

Расчёт токов КЗ для точки К4:

Для провода АНРГ (3х50) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R = r_o \cdot l = 4,44 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 22,2 \text{ мОм}$$

$$X = x_o \cdot l = 0,08 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,4 \text{ мОм}$$

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma К4} &= \sqrt{(R_{\Sigma 3} + R)^2 + (X_{\Sigma 3} + X)^2} = \\ &= \sqrt{(16,82 + 22,2)^2 + (9,55 + 0,4)^2} = 40,27 \text{ мОм} \end{aligned}$$

$$I_{К4} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma К4}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 40,27} = 5,73 \text{ кА}$$

Согласно [1, стр.128] принимаем $K_{y\varnothing 4} = 1$;

$$i_{y4} = I_{К4} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\varnothing 4} = 5,73 \cdot \sqrt{2} \cdot 1 = 8,11 \text{ кА}$$

Карта селективности действия аппаратов защиты строится в логарифмической системе координат и служит для проверки правильности выбора аппаратов

защиты. На карту селективности наносятся:

- 1 номинальный и пусковой токи электроприёмника;
- 2 расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- 3 расчётный и пиковый ток подстанции;
- 4 защитные характеристики защитных аппаратов (автоматических выключателей и предохранителя);
- 5 значения токов КЗ в сети 0,4 кВ.

Все данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты систематизируем в виде таблицы, представленной ниже.

Таблица 2.12.1 Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

	Электро приёмник	Силовой распределитель ный шкаф ф ШРН ₂	Распределитель ный шкаф ВРУ	Подстанция ТП	Значение тока КЗ в соотв. точках, кА			
	Машина эл. сварочная				1	2	3	4
Расчётный ток, А	-	117,98	464,87	2430,95				
Пиковый ток, А	-	525,46	648,5	2561,95				
Номинальный ток, А	99,9	-	-	-				
Пусковой ток, А	500	-	-	-				

Таблица 2.12.2 Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А
ВА74-45	3000	6000
ВА74-40	500	1500
ВА57-35	125	725
ВА57-35	100	600

Защитные характеристики автоматических выключателей, которые необходимо использовать для построения карты селективности действия

аппаратов защиты, приведены в справочной литературе [3, стр.88]; плавких предохранителей в справочной литературе [2, стр.88].

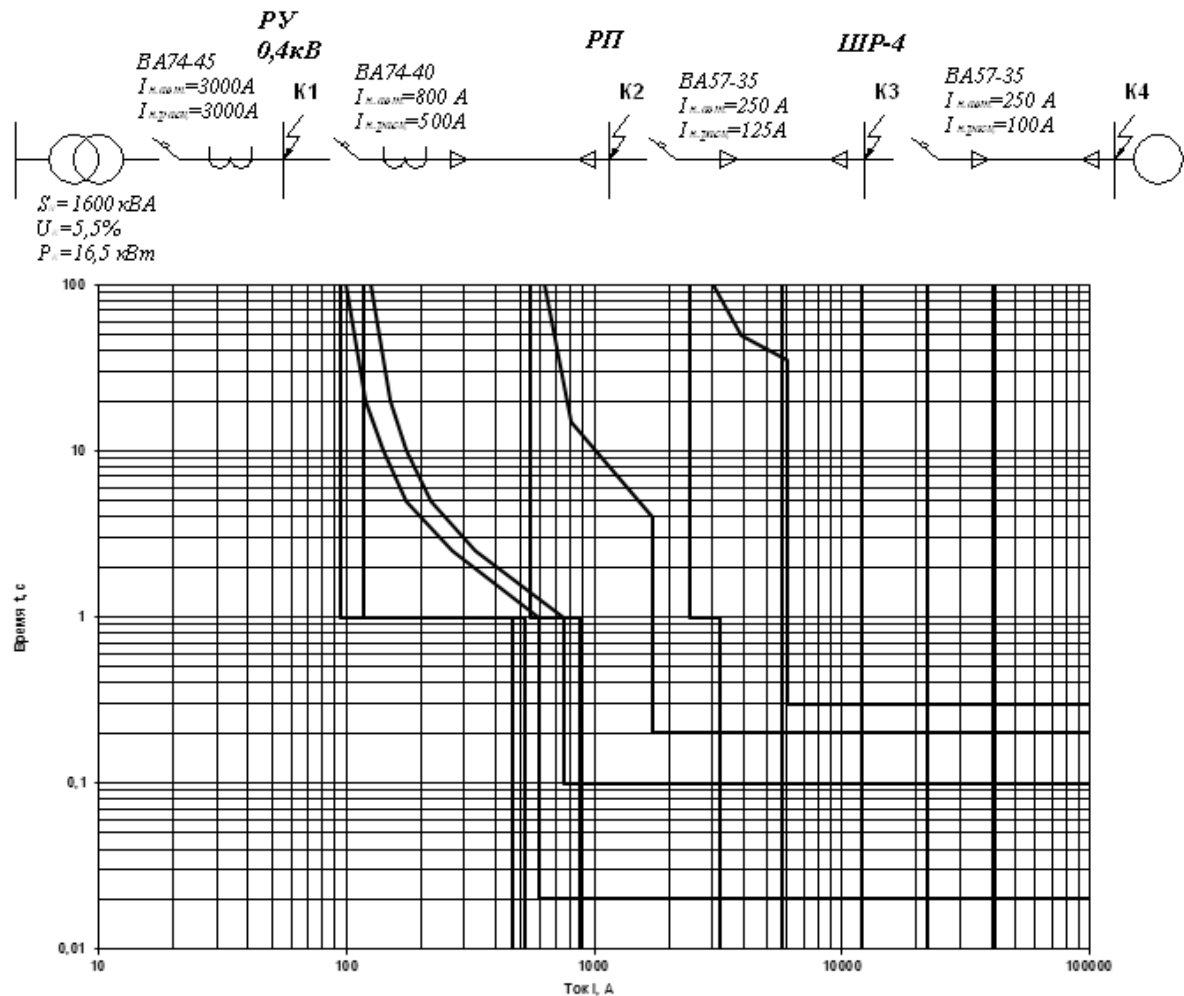


Рис. 2.12.2 Карта селективности действия аппаратов защиты

Обозначения на карте селективности:

- 1 – номинальный ток двигателя;
- 2 – пусковой ток двигателя;
- 3 – защитная характеристика автоматического выключателя BA57–35 (100 А);
- 4 – расчётный ток силового распределительного шкафа;
- 5 – пиковый ток силового распределительного шкафа;
- 6 – защитная характеристика автоматического выключателя BA57–35 (125 А);
- 7 – расчетный ток РП;
- 8 – пиковый ток РП;
- 9 – защитная характеристика автоматического выключателя BA74–40 (500 А);
- 10 – расчетный ток подстанции ТП-2;

11 – пиковый ток ТП-2;

12 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА74–45;

13, 14, 15, 16 – значения токов короткого замыкания в точках K_4 , K_3 , K_2 и K_1 соответственно.

3.1 Техничко-экономический расчет электрического хозяйства Металлургического комбината.

Целью данного дипломного проекта является расчет электроснабжения
Металлургического комбината угольного завода.

В настоящем разделе мы попробуем произвести расчет капитальных вложений
в электрооборудование для электроснабжения завода.

Капитальные вложения состоят из самого электрооборудования, строительно-
монтажных и пусконаладочных работ. Стоимость строительства определяется
сметой.

Смета является основным экономическим документом, который характеризует
пределы допустимых затрат на сооружение и запуск в работу объекта. Обычно в
сметах определяются денежные, материальные и трудовые затраты, которые
необходимы для завершения всего объема работ. В смете отражается
окончательная и предельная стоимость реализации объекта.

Исходными материалами для определения сметной стоимости строительства
объекта служат данные проекта по составу оборудования, объему строительных и
монтажных работ; прейскуранты цен на оборудование и строительные материалы;
нормы и расценки на строительные и монтажные работы; тарифы на перевозку
грузов; нормы накладных расходов и другие нормативные документы.

Решение о проектировании электроснабжения принимается на основе
техничко-экономического обоснования проекта.

На основе вышеизложенного заказчик заключает договор с проектной
организацией на проектирование электроснабжения предприятия. Заказчик
выдает проектной организации задание, которое содержит:

- Генеральный план предприятия;
- Расположение источника питания;
- Сведения об электрических нагрузках;
- План размещения электро-приемников в цехах и на участках предприятия;
- Площадь корпусов и всей территории предприятия.

Различают две стадии проектирования:

- а) Технический проект;

б) Рабочий чертеж.

Если проектируемый объект в техническом отношении не сложный, то обе стадии объединяются в одну – технорабочий проект.

3.2 Смета затрат на проектирование

Исходные данные для сметно-финансового отчета были взяты на основе укрупненных показателей стоимости элементов электроснабжения, кроме того, была использована справочная литература по электроснабжению промышленных предприятий. Расчет произведен в ценах 2011 года.

Участие в проектировании Угольного завода принимают участие четыре инженерно-технических работника:

- руководитель проектной организации;
- ведущий инженер проектировщик;
- три инженера проектировщика.

Норма оплаты труда вышеперечисленных работников приведена в таблице 3.1.1

Таблица 3.1.1 Данные окладов работников проектной организации

Должность	Тарифный разряд	Тарифный коэффициент	Должностной оклад
1	2	3	4
Руководитель проектной организации	14	6,51	19075
Ведущий инженер проектировщик	12	5,1	11160
Инженер проектировщик	10	3,99	9127

В период проектирования всеми работниками проектной организации работа ведется согласно своим должностным инструкциям и обязанностей. Работа распределяется руководителем проектной организации между работниками.

Распределение работ при проектировании электроснабжения Угольного завода представлено в таблице 3.1.2.

Таблица 3.1.2 Распределение обязанностей работников проектной организации при выполнении проекта

№ п/п	Наименование вида работ	Ответственный исполнитель	Сроки производства работ
1	ТЭО. Распределение работ	Руководитель ПО	2 дня
2	Определение электрических нагрузок напряжением до и выше 1000В.	Руководитель ПО	15 дней
3	Составление пояснительной записки	Руководитель ПО	6 дней
4	Выбор оптимального напряжения и схемы внешнего электроснабжения	Ведущий инженер ПО	2 дня
5	Выбор внутризаводской схемы электроснабжения	Ведущий инженер ПО	3 дня
6	Расчет токов короткого замыкания в эл. установках до и выше 1000В	Ведущий инженер ПО	10 дней
7	Расчет релейной защиты. Составление карты селективности	Ведущий инженер ПО	15 дней
8	Выбор основного оборудования	1-й инженер проектировщик	3 дня
9	Измерение и учет электроэнергии	1-й инженер проектировщик	10 дней
10	Расчет освещения	1-й инженер проектировщик	15 дней
11	Заключение к проекту	2-й инженер проектировщик	4 дней
12	Чертежные работы	2-й инженер проектировщик	6 дней
13	Выбор оборудования ОРУ – 110кВ	2-й инженер проектировщик	3 дня
14	Расчет отклонений напряжения и зануления	3-й инженер проектировщик	15 дней
15	Сметно-финансовый расчет системы электроснабжения	3-й инженер проектировщик	20 дней
16	Чертежные работы	3-й инженер проектировщик	5 дней

На основе таблицы 9.1.4 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ 2 в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 9.4 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

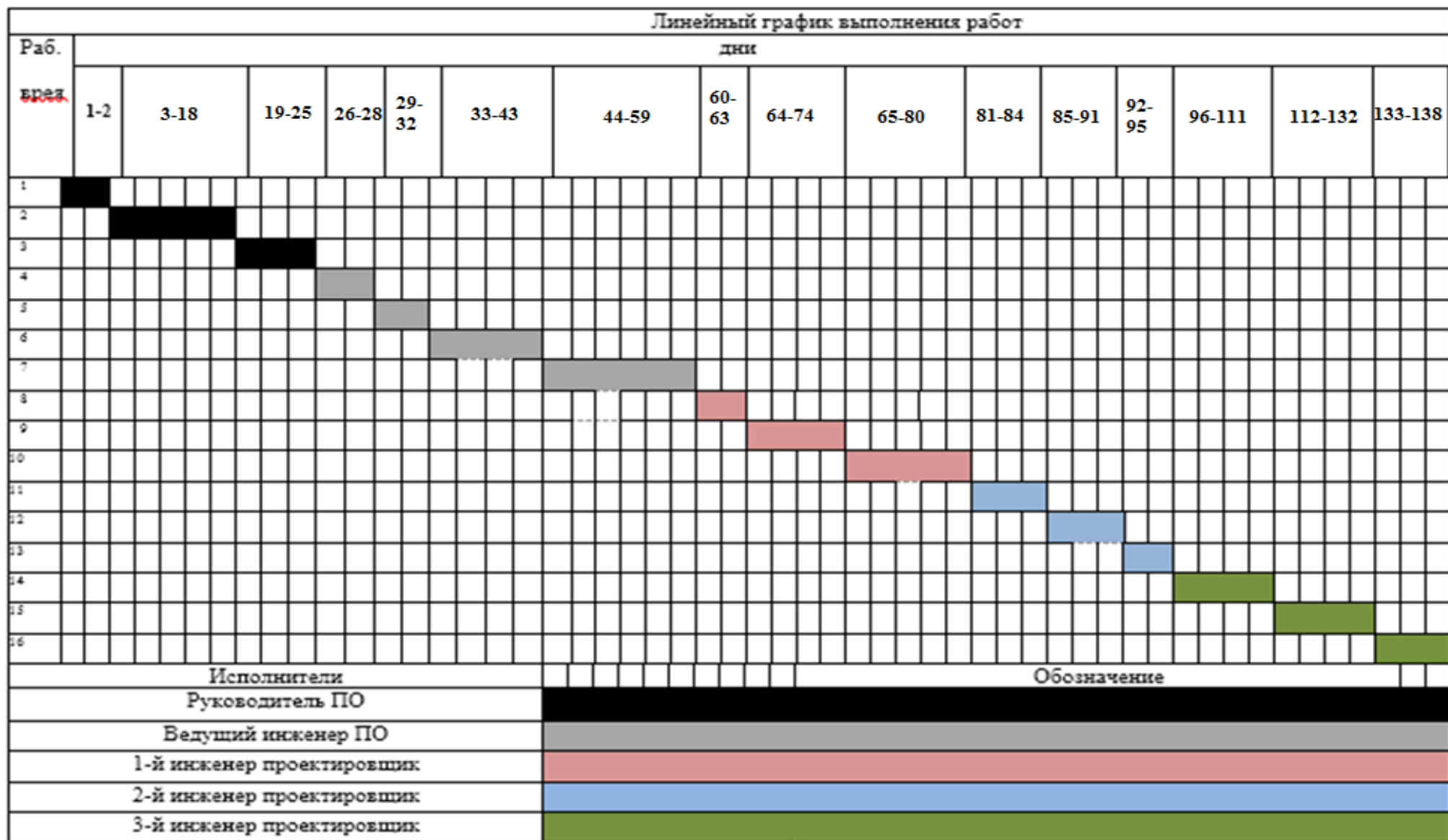


Таблица 1.1.4 -Линейный график выполнения работ

3.3 Заработная плата исполнителей проекта

Рассчитаем фонд заработной платы за отработанное время проектирования с учетом районного коэффициента и коэффициента за качество проектирования:

Руководитель: (количество 1 человек)

$$ЗП_P = \frac{18075}{21} \cdot 23 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 28308,89 \text{ руб.}$$

Ведущий инженер: (количество 1 человек)

$$ЗП_{ВИ} = \frac{11160}{21} \cdot 30 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 22798,28 \text{ руб.}$$

Инженер проектировщик: (количество 3 человека)

$$ЗП_{ИП} = \frac{9127}{21} \cdot 81 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 50341,92 \text{ руб.}$$

Где:

21 – количество рабочих дней в месяце;

138 – время проектирования (дни);

1,3 – районный коэффициент;

1,1 – коэффициент за качество проектирования.

Итого по расчетам имеем:

Зарплата основных исполнителей – 101449,09 руб.

Зарплата работников оформления 11,1% от п.1 – 111593,999 руб.

Зарплата технического руководства 18% от п.1 – 20086,919руб.

Итого: заработная плата – 233130,00

Материальные затраты 10% от п.4 – 2331,3 руб.

Прочие затраты 20% от п.4 – 4662,6 руб.

Накладные расходы 150% от п.4 – 349695,0 руб.

Отчисления на социальные нужды 34% от п.4 – 79264,2 руб.

Итого: стоимость проекта – 435953,1 руб.

3.4 Смета затрат на электрооборудование

Расчет капитальных затрат на приобретение и монтаж энергетического оборудования, заложенного в проекте.

Капитальные вложения на электроснабжение – это в первую очередь стоимость основного силового оборудования (трансформаторы, выключатели, кабельные линии), стоимость строительных и монтажных работ, а также накладные расходы.

Расчеты по разделу произведены на основе укрупненных показателей стоимости элементов энергоснабжения, кроме того, была использована справочная литература по электроснабжению промышленных предприятий и сайты в сети интернет.

Расчет капитальных затрат представим в виде таблицы – 3.3.1

Таблица 3.3.1 Расчет капитальных затрат

№ п/п	Наименование оборудования	Кол- во штук	Сметная стоимость единицы		Общая стоимость	
			Оборуд.	Монтаж	Оборуд.	Монтаж
ОРУ -110кВ.						
1	Выключатель ВМЭ-10Э-1000/20Е»	2	1212	339,36	2424	678,72
2	Разъединитель РНДЗ.2-110/630Т1	6	92,5	25,9	555	155,4
3	Короткозамыкатель КЗ-110УХЛ1	6	22,5	6,3	135	37,8
4	Трансформатор ТРДЦН-16000/110	2	3788,6	1060,8	7577,2	2121,6
5	Трансформатор тока ТФЗМ-110Б-I-ХЛ1	6	34,6	9,7	207,6	58,2
6	Тр-тор напряжения НТМК-10-71У3	6	44,8	12,5	268,8	75
7	Разрядники РВО-10Н	6	7,2	2,01	43,2	12,06
ЗРУ – 6кВ.						
8	Тр-тор напряжения НАЛИ-6	4	198,7	55,63	794,8	222,52

9	Выключатель ABB- VD4-4000-25	12	321,6	90,1	3859,2	1081,2
10	Выключатель BB/TEL-10-20/1600Y2	19	287,3	80,44	5458,7	1528,4
РУ – 6кВ						
11	Выключатель В/TEL-10- 20/1600Y2	19	197,8	22,384	3758,2	1052,29
12	Выключатель BB/TEL-10- 0/2500Y2	33	287,3	80,44	9480,9	2654,52
Трансформаторные подстанции						
13	Трансформатор ТМ-1600	16	184,6	51,688	2953,6	827,01
14	Трансформатор ТМ-1000	2	107,13	29,99	214,26	59,98
15	Трансформатор ТМ-400	2	75,35	21,098	150,7	42,196
Компенсирующие устройства						
16	УКМ58-0,4-360-30 У3	20	20,2	5,656	404	113,12
Итого затрат на основное оборудование					42649,16	11941,764

Стоимость монтажных работ энергетического оборудования составляет 28% от стоимости самого оборудования.

Стоимость неучтенного оборудования составляет 20% от стоимости учтенного основного оборудования:

$$K_{H.Oб} = 0,2 \cdot 42649,16 = 8529,83 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость монтажных работ неучтенного оборудования:

$$K_{M.H.Oб} = 0,2 \cdot 11941,764 = 2388,35 \text{ тыс. руб.}$$

Транспортно-заготовительные расходы при доставке оборудования составляют 8% от непосредственной стоимости всего учтенного и неучтенного оборудования:

$$K_{тр.р} = 0,8 \cdot (K_{об} + K_{H.Oб}) = 0,8 \cdot (42649,16 + 8529,83) = 4094,32 \text{ тыс. руб.}$$

Общая стоимость оборудования:

$$\begin{aligned} \sum K_{об} &= K_{об} + K_{M.Oб} + K_{тр.р} = \\ &= 42649,16 + 8529,83 + 4094,32 = 55273,31 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

Общая стоимость строительно-монтажных работ и пусконаладочных работ:

$$\sum K_m = K_{м.об} + K_{м.н.об} = 11941,764 + 2388,35 = 14330,114 \text{ тыс.руб.}$$

Итого капитальные затраты:

$$K_{м.об} = \sum K_{об} + \sum K_m = 55273,31 + 14330,114 = 69603,424 \text{ тыс.руб.}$$

Полные капитальные затраты на монтаж электрооборудования Цинкового завода составляют:

$$K = K_{м.об} + K_{np} = 69603,424 + 904,512 = 70507,936 \text{ тыс.руб.}$$

Заключение

В ходе выполнения дипломного проектирования системы электроснабжения металлургического комбината, были определены:

- расчет эл.нагрузок РМЦ методом диаграмм;
- расчет суммарной нагрузки комбината методом коэффициента спроса, которая составила $S=13317\text{кВА}$;

Построена картограмма электрических нагрузок по результатам расчета электрических нагрузок цехов с потребителями 0,4кВ и определили центр электрических нагрузок. Разместили ГПП по результату расчета, что оказалось нерентабельной по сравнению первоначальной, и пришлось сместить ГПП в сторону питающей линии.

Рассчитано число и мощность цеховых трансформаторов, выбраны трансформаторы мощностью 10 штук мощностью 1600кВА марки ТМ-1600/10.

Питание металлургического комбината выполняется от системы подстанции, находящаяся примерно 13 км от комбината от воздушной линии электропередач напряжением 110кВ. Линия выполнена проводом АС-70мм² от двух питаний энергосистемы. В связи со второй категорией электроснабжения потребителей на ГПП установлены два трансформатора ТДН-10000/110/10кВ. Схема ГПП по стороне 110кВ упрощенная, т.е. «отделитель- короткозамыкатель».

По стороне 10кВ схема выполнена радиальная с двумя системами шин и секционным выключателем. Распределительное 10кВ выполнена из шкафов КРУ-10кВ с выкатными выключателями на тележках. Для питания цеховых трансформаторов питание осуществляется по одно и двух цепными КЛ марки АСБ.

По расчетам токов короткого замыкания выше 1000В был произведен выбор высоковольтного оборудования 10кВ (выключатели, измерительные трансформаторы, ВН и т.д.).

Выбраны автоматические выключатели, кабели, распределительные шкафы по стороне 0,4кВ, а также ответвлений распределительных пунктов, питающие механический цех. Кабели и провода для ремонтно-механического цеха в основном выбраны марки АНРГ и АПВ.

В ходе расчетов построена эпюра отклонений напряжения от ТП-10кВ до максимально мощного электроприемника, для определения падения напряжения минимального и максимального режимов, и по расчетам отклонение напряжения во всех режимах не превышает согласно нормам, т.е. максимально допустимого $\pm 5\%$.

Построена карта селективности действия защитных аппаратов исходя из расчетов токов короткого замыкания в сети 0,4кВ.

Выполнена графическая часть состоящая из однолинейной схемы электроснабжения ГПП 110/10кВ и электроснабжения 0,4кВ ремонтно-механического цеха. В графической части указаны электрооборудования, а также провода и кабеля с указанием марки, сечения, количества жил и длины. У защитных аппаратов 0,4кВ указаны типы и номинальные токи. Также в графическую часть входит генплан металлургического комбината и картограмма нагрузок и ЦЭН территории комбината, план цеха с проложенными кабелями и размещенными распределительных шкафов.

Металлургический комбинат спроектирован с малым расширением электрических приемников и электрооборудований на будущее, т.к. расчет был произведен с максимальной нагрузкой.